

Tietomallin käyttö määrälaskennassa

Kalle Kettunen

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Kalle Kettunen	
Työn nimi Tietomallin käyttö määrälaskennassa	
Päiväys 27.4.2011	Sivumäärä/Liitteet 60/14
Ohjaaja(t) Lehtori Heikki Laininen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Aulis Kananoja, AH-Talotekniikka	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tietomallintaminen ja määräluetteloiden tuottaminen kaapeleista. Kaapeleiden määräluetteloita tuli tietomallinnuksen jälkeen vertailla urakalaskennassa saatuun määräluetteloon. Vertailulla haluttiin selvittää tietomallinnuksesta saatavien määräluetteloiden luotettavuutta ja mahdollisuuksia suunnittelussa ja urakalaskennassa. Tutkimuksessa ilmenneiden havaintojen pohjalta tuli lopuksi tehdä joitakin toimintaan liittyviä parannusehdotuksia. Työ tehtiin suunnittelutoimisto AH-Talotekniikka Oy:lle käyttäen MagiCAD-suunnitteluohjelmistoa.</p> <p>Aluksi perehdyttiin kaapeleiden mallinnuksen tietomalleihin, määräluetteloihin ja urakalaskentaan. Lisäksi selvitetään MagiCAD-ohjelmasta mallinnukseen ja määräluetteloon liittyvien työkalujen ja toimintojen ominaisuuksia. Viimeiseksi mallinnettiin ja tuotettiin määräluetteloita. Määräluetteloiden tulokset koottiin lopuksi yhteen ja suoritetaan vertailu urakalaskennasta saatuun määräluetteloon.</p> <p>Laskentatuloksien prosentuaalinen vertailu osoitti, että osittain tietomallinnettu suunnitelma keskuksien ja ryhmäsyöttöjohtojen väliseltä osalta ei anna luotettavaa tietoa kaapeleiden pituuksista määräluetteloa tehtäessä. Osittain tietomallinnetuista kaapeleista voidaan ainoastaan määritellä kohteeseen menevien kaapeleiden minimimäärät. MagiCAD-ohjelma antaa kuitenkin hyvät edellytykset tietomallinnukselle ja määräluetteloiden tuottamiselle. Huolellisella mallinnuksella tuotettu määräluettelo nopeuttaa ja auttaa kohdetta laskevia urakalaskijoita. Sähkösuunnittelussa tietomallinnus lisää kustannuksia, mutta samalla hyvin tietomallinnettu kohde vähentää merkittävästi urakalaskijoiden työmäärää.</p>	
Avainsanat Tietomalli, MagiCAD, määräluettelo, urakalaskenta	
Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Kalle Kettunen			
Title of Thesis Use of Data Model in Mass Calculation			
Date	27 April 2011	Pages/Appendices	60/14
Supervisor(s) Mr. Heikki Laininen, Lecturer			
Project/Partners Mr. Aulis Kananoja, AH-Talotekniikka			
<p>Abstract</p> <p>The objective of this thesis was to produce a data model and a bill of quantities for cables. After modelling the bill of quantities was to be compared with the bill of quantities obtained in the contractor's cost calculation. The thesis wanted to explore the reliability of data modelling and possibilities to use it the design and calculation. Based on the survey findings, some improvement suggestions were made. The thesis was commissioned by an electrical engineering office, AH-Talotekniikka Ltd. The thesis was done using the MagiCAD design software.</p> <p>First information modeling, the bill quantities and the contract cost calculation were explored. In addition, the MagiCAD program modeling and related tools and features were studied. Then a modeling of the target and a bill of quantities were created. Finally, the results from data modelling and contract cost calculation were compared with each other.</p> <p>The comparison showed the results to be unreliable. Partial modeling does not allow to produce a reliable a bill of quantities. The received information from the modeling about the amounts can only define the minimum number of cables. The MagiCAD program, provides, however, good tools for information modeling. A careful modeling of the produced bill of quantities speeds up and helps contractors in the cost calculation. Information modeling brings the design an extra cost, but at the same time, it significantly reduces the amount of contractors' work.</p>			
Keywords Information modeling, MagiCAD, bill of quantities, electrical contracting			
Public			

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin AH-Talotekniikalle keväällä 2011. Työn tarkoituksena oli tutkia kaapeleiden tietomallintamista MagiCAD-ohjelmalla ja tämän tuomia mahdollisuuksia suunnittelussa ja urakkalaskennassa.

Opinnäytetyön valvojina toimivat AH-Talotekniikka Oy:n suunnittelupäällikkö Aulis Kananoja ja koulun puolesta lehtori Heikki Laininen.

Kiitokset opinnäytetyön valvojille ja kaikille niille tahoille, jotka edistivät työni valmistumista.

Kuopiossa 27.4.2011

Kalle Kettunen

SISÄLTÖ

LYHENTEET JA MÄÄRITTEET

1 JOHDANTO	10
2 AH-TALOTEKNIikka.....	11
3 TIETOMALLIPOHJAINEN SUUNNITTELU	12
3.1 Tieto ja tuotemallintaminen	12
3.2 Tietomallin hyödyt.....	14
3.3 Tuotetieto tietomallintamisessa.....	14
4 MÄÄRÄLUETTELOT TIETOMALLINNUKSESSA	16
4.1 Määräluettelon käyttö	16
4.2 Määräluettelon tasot.....	17
4.2.1 Määräluettelon I taso.....	17
4.2.2 Määräluettelon II taso.....	18
4.2.3 Määräluettelon III taso.....	18
4.3 Määräluettelon sisältö.....	19
5 TIETOMALLINNUS URAKKALASKENNASSA.....	20
5.1 Tarjouslaskenta	20
5.2 Urakkalaskenta.....	20
5.3 Urakkalaskentamenetelmät	21
5.3.1 Yksikköhintalaskenta.....	21
5.3.2 Pistelaskentamenetelmä	22
5.4 Tietomallin käyttäminen urakkalaskennassa.....	22
6 MAGICAD-SÄHKÖSUUNNITTELUOHJELMA	24
6.1 Projektin tiedosto	24
6.2 Johdotuksen mallinnuksessa käytettävät työkalut.....	26
6.2.1 Kaapelipaketti ja reitin mallinnus	26
6.2.2 Ryhmäjohtoon liittäminen kaapelipakettiin.....	28
6.2.3 Kaapelipakettien reitin näyttö	30
6.2.4 Kerrosten väliset liitossolmut.....	31

6.3 Raportointityökalu	33
6.3.1 Raporttimäärittelyt	34
6.3.2 Raporttitoiminnot	35
7 TUTKIMUSKOHDE JA TUTKIMUSMENETELMÄ	38
7.1 Tutkimuskohteen esittely	38
7.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusmenetelmä	39
8 TYÖN SUORITUS.....	40
8.1. Mallinnuksen suoritus	40
8.2 Mallinnuksen määräluettelot ja tulokset	42
9 TULOSTEN VERTAILU	45
9.1. Kaapelityyppien vertailu	46
9.2 Laskentatuloksien vertailu	47
10 KEHITYSEHDOTUKSET	51
10.1 Määräluetteloiden muodostaminen	51
10.2 Määräluetteloiden käytettävyys.....	54
10.3 Pohjapiirustukset	54
10.4 Sähkötöiden urakkatarjouslomake	55
11 YHTEENVETO.....	57
LÄHTEET.....	59

LIITTEET

- Liite 1: Korjatun mallinnuksen kertoimia
- Liite 2: Arkkitehtipohjakuva
- Liite 3: Asemapiirustus
- Liite 4: Tasopiirustus sähkölaitteet
- Liite 5: Nousujohtokaavio
- Liite 6: Yleiskaapelointijärjestelmä
- Liite 7: Sähkötöiden urakkatarjouslomake

LYHENTEET JA MÄÄRITTEET

3D-malli	Kolmiulotteinen malli kappaleen rakenteesta.
Asennusvara	Asentajan jättämä lisä kaapelin päähän, kytkentöjen suorittamiseksi. Asennusvaran pituus riippuu komponentista ja työntoteuttajasta.
AutoCAD	Tietokoneavusteisen suunnittelun ohjelmisto, jonka tiedon käsittely perustuu graafisiin objekteihin. (Autodesk 2011.)
CAD	Computer Aided Design eli tietokoneavusteinen suunnittelu.
CYP yhdistelmä	Valmiiksi koottu kahden tai useamman komponentin yhdistelmä, jossa komponentit on kytketty valmiiksi toisiinsa.
LVI	Yhteisnimitys kiinteistön lämpö, vesi, ilmanvaihto järjestelmistä
MagiCAD	AutoCAD-ohjelman päällä toimiva 2D/3D-suunnitteluohjelma, jossa on LVI ja sähkösuunnitteluun tarvittavat työkalut.
Mallinnus	Tietomallinnusta kuvaava termi.
Massaluettelo	Sähköalalla käytetty termi, joka tarkoittaa määräluetteloa.
Määräluettelo	Lista suunnitelman materiaali- ja tarvikemääristä.
Qmodel	Qmodel Builder ohjelman avulla luotava 3d-geometriamalli, joka muodostuu selkeistä primitiiveistä. Käytetään tietomallinnuksessa. (Q-Soft Oy 2011.)

Tietomalli	Määriteltyjen sääntöjen ja rakenteen mukaan jäsennelty tieto, joka sisältää rakenteellista ja rakentamiseen liittyvää tietoa tietokoneen käsittelemässä muodossa (Engl. Product Model) (Koivu 2002).
------------	--

1 JOHDANTO

Tällä hetkellä sähkösuunnittelussa on meneillään siirtymävaihe, kun suunnittelutoimistot alkavat siirtyä tietomallipohjaiseen 3D-suunnitteluun. Tietomalliavusteinen suunnittelu mahdollistaa kohteen täydellisen mallintamisen niin, että jokainen yksityiskohta on nähtävissä. Mallintamisen tarkoituksena on luoda suunniteltavasta kohteesta tietomalli, josta voidaan tarvittaessa saada selville kohteeseen tarvittavat materiaalmäärät nopeasti ja aikaa säästäen. Tästä hyötyvät erityisesti urakkalaskentaa tekevät henkilöt.

Tämä opinnäytetyö tarkastelee tehtyä tutkimus- ja kehitystyötä kaapeleiden mallintamisesta MagiCAD-ohjelmistolla. Opinnäytetyö tehtiin AH-Taloteknikalle, joka halusi selvittää käyttämänsä MagiCAD-mallinnuksen mahdollisuuksia suunnittelun tehostamiseksi. Opinnäytetyössä on tarkoitus tutkia ja vertailla mallintamisen paikkansapitävyyttä urakkalaskennassa saatuihin vastaaviin tuloksiin. Työssä on tarkoitus myös selvittää mallinnuksen tuomia hyötyjä ja mahdollisuuksia suunnittelussa ja urakkalaskennassa. Mallinnuksen toiseksi vertailukohdaksi valittua urakoitsijan toteutuneita johtomääriä ei tähän työhön kohteen aloituksen viivästymisen takia voitu saada.

2 AH-TALOTEKNIikka

Kuopiolainen AH-Talotekniikka on vuonna 1996 perustettu ja sittemmin 1998 ja 2003 fuusioituneiden sähköalan suunnittelutoimistojen muodostama yritys. Yhteen liittymien myötä AH-Talotekniikka on Itä-Suomen suurin suunnittelu-toimisto, joka tarjoaa monipuolisesti sähkö- ja tietojärjestelmäsuunnittelua. Yrityksen tarjoamiin palveluihin kuuluvat suunnittelu-, hankinta- ja valvonta-palvelut sekä energiakonsultointi ja kuntoarviointitutkimukset. Yrityksen palve-luksessa työskentelee tällä hetkellä 11 henkilöä, joista 10 toimii eritasoisissa suunnittelutehtävissä. (AH-Talotekniikka 2011.)

3 TIETOMALLIPOHJAINEN SUUNNITTELU

1990-luvulta alkanut muutos sähkösuunnittelussa on vuosien aikana kehittynyt käsin piirtämisestä digitaaliseen CAD-suunnitteluun. Tällä hetkellä sähkösuunnittelussa ollaan siirtymässä jälleen eteenpäin, yleisesti käytössä olevasta kaksiulotteisesta (2D) suunnittelusta mallinnuksen mahdollistavaan kolmiulotteiseen (3D) suunnitteluun. Kolmiulotteinen tietomalli mahdollistaa entistä selkeämmän kuvan rakennuksen lopullisesta muodosta ja rakenteista jo kohteen suunnitteluvaiheessa. Jatkuvasti kasvavat tietotekniset mahdollisuudet ja niistä syntyvät taloudelliset hyödyt ovat myös vauhdittaneet entisestään mallinnukseen siirtymistä. (Koivu 2002.)

Tietomallipohjaisen suunnittelun periaate on muodostaa rakennuksesta tiedoiltaan täydellinen 3D-malli. Malli sisältää rakennuksen tiedot kaikista sen elinkaaren vaiheista sekä kaikkien rakentamiseen osallistuvien suunnittelutahojen 3D-suunnittelumallit. Englanniksi tietomallintamisesta käytetään nimeä Building Information Model (BIM). Tietomalli kuvaa siis rakennuksen eri rakenteet ja sisältää sen suunnitteluun, rakentamiseen ja käyttöön tarvittavat tiedot. (Laine 2008.)

3.1 Tieto ja tuotemallintaminen

Tieto- ja tuotemallin avulla rakennusten sähkösuunnittelussa, asennusten toteutuksessa sekä käytössä ja ylläpidossa tarvittava tieto on paremmin hallittavissa, kuin perinteisillä piirustus menetelmillä. Mallinnuksen ansiosta tieto on saatavilla nopeasti, havainnollisesti, reaaliaikaisesti, ja älykkäässä muodossa. Tietomallia käyttämällä voidaan hallita ja siirtää entistä valtavampia tietomääriä tehokkaammin ja luotettavammin. (Rakennusteollisuus 2011.)

Tuotemallintaminen siirtää rakennuksien sähkösuunnittelun perinteisestä 2D-suunnittelusta 3D-suunnitteluksi. Tietomalli sisältää tiedon rakennuksen tiloista, rakenteista, sijainnista ja muista halutuista ominaisuuksista. Tuotemalli,

kuten valaisimet ja pistorasiat, sisältävät tietoa esimerkiksi suojausluokituksesta, asennustavasta, laitteen tyypistä ja tehoista. Tuotemallinnuksella syntyy rakennuksen elinkaarta koskeva tietovarasto eli tieto siitä, mistä komponenteista ja materiaaleista rakennus on tehty. Tuotemallia voidaan näin käyttää myöhemmin raportoivana huoltokirjastona suunniteltaessa käyttö- ja ylläpito toimenpiteitä. (Rakennusteollisuus 2011.)

Mallinnuksessa tiedonsiirto perustuu kansainväliseen IFC-tiedonsiirtostandardiin, jonka avulla taataan suunnitelmissa käytettävien tietojen yhteensopivuus eri ohjelmien kesken. Tarkoituksena on, että ohjelmat ymmärtävät suunnitelmien sisällön samalla tavalla riippumatta siitä millä ohjelmalla mallinnus on tehty. (Rakennusteollisuus 2011).

Tuotemallipohjaisella tiedonhallinnalla pyritään (Rakennusteollisuus 2011)

- tuottamaan asiakkaan päätöksenteon tueksi visualisoitua ja hyödyllistä tietoa, joka mahdollistaa kustannuksien ja rakenteellisten vaihtoehtojen vertailemisen
- vähentämään virheiden määrää tuottamalla entistä nopeammin täsmällisempää tietoa yhteistyössä muiden suunnittelijoiden kanssa
- parantamaan suunnitelmien yhteensopivuutta ohjelmistosta tai suunnittelijoiden toimialoista riippumatta
- parantamaan suunnittelun ja rakentamisen laatua ja kannattavuutta tuottamalla käytännöllisempää tietoa käytettäväksi tuotteiden valmistuksessa, hankinnassa, tuotannosuunnittelussa ja kustannus- ja aikatauluhallinnassa
- kehittämään rakennuksen elinkaaren hallintaa koskevia tietoja, joiden avulla voidaan suunnitteluvaiheessa ottaa nykyistä paremmin huomioon rakennusten käytöstä ja ylläpidosta syntyvät kustannukset ja ympäristövaikutukset.

Tietomallinnusta hyödynnetään tällä hetkellä sähkösuunnittelussa lähinnä törmäystarkasteluun. 3D-mallia käyttämällä voidaan tarkastella mm. sähkö- ja LVI-järjestelmien törmäyskohtia. Mahdollinen törmäys on tämän jälkeen helppo ja halpa korjata. 3D-mallit mahdollistavat tuotetietoineen yhä tarkemmat määrälaskennat, niiden muokattavuuden sekä määräluetteloiden hyväksikäytön esimerkiksi sähköurakan eri vaiheissa.

3.2 Tietomallin hyödyt

Tietomallintaminen on laaja ja kokonaisvaltainen tapa hallita rakennusta ja sen tietoja. Kolmiulotteinen todellisuutta vastaava kuvaus rakennuksesta on myös helppo ymmärtää. Tietomallilla suunnitelmista tulee todenmukaisia ja eri osa-alueet on helppo yhdistää yhdeksi kokonaisuudeksi. Lisäksi tietomallisuunnittelu tarjoaa taloudellisia etuja jo rakennuksen alkuvaiheessa. Urakallaskentaa tehtäessä esimerkiksi tietomallista ja määräluetteloista saadaan informaatiota, joka nopeuttaa ja yksinkertaistaa laskentaprosessia.

Rakennuksen laadunvalvontaa tehtäessä tietomalli mahdollistaa korkeatasoisen laadunvarmistuksen. Tietomallinnetuista rakenteista voidaan visuaalisella tarkastelulla havaita virheet helpommin kuin kaksiulotteisista piirustuksista. Huomatut puutteet ja niistä syntyvät muutostyöt ovat korjattavissa suunnitelmista nopeammin ja edullisemmin ennen varsinaista rakennustyövaihetta.

3.3 Tuotetieto tietomallintamisessa

Tietomallintamisessa komponentit sisältävät digitaalisesti älykästä tuotetietoa. Tämä tieto koostuu tuotteen yksinkertaistetuista rakennetiedoista ja tuotetietoa sisältävästä dokumenttitiedostosta. Tietomallinnuksessa rakennetiedostoja hyödyntävät suunnitteluohjelmansovellutukset ja dokumenttitiedostoa sitä suunnittelevat ihmiset. (Isotalo 2010.)

Sähköisessä tietomallisuunnittelussa komponenttiin sisällytetään kaikki sen elinkaarta koskeva tuotetieto. Taulukossa 1 on tuotetiedon koostumus eri osa-alueittain.

TAULUKKO 1. Tuotetiedon osa-alueet (MagiCAD 2009).

Yleiset tiedot:	Laitetiedot:	Sähkötekniset tiedot:	Symbolien sijoitustiedot:
Kuvaus Positio Nimi	Tuotenimi Valmistaja Määrä Nimike Sähkö nro.	Asennustapa IP-luokka Oletusjärjestelmä Teho	Kokotiedot Oletuskorko

4 MÄÄRÄLUETTELOT TIETOMALLINNUKSESSA

Rakennuskohteiden tietomallinnus on mahdollistanut kohteen yksityiskohtaisen suunnittelun ja vähentänyt näin puutteiden ja virheiden määrää. Mallinnuksen tarkkuus on tuonut mahdollisuuden kehittää ohjelmia, jotka poimivat suunnitelmista suunnittelijan haluamat komponenttien tiedot. Nämä kyseenomaiset tiedot suunnitteluohjelma kokoaa määräluetteloiksi. Tietomallinnukseen kykenevillä sähkösuunnitteluohjelmistoilla pystytään tekemään määräluetteloita valaisimista, lämmittimistä, kytkentärasioista ja muista vastaavista piirustusmerkeistä. Lisäksi on mahdollista tehdä metrimääräisiä määräluetteloita johdotuksista.

Määräluettelot mahdollistavat kohteen yksinkertaisen tarkastelun numeroina ja antavat haluttaessa yksityiskohtaista tietoa eri komponenteista. Tästä syystä määräluetteloiden käyttö on yleistynyt varsinkin urakkalaskennassa, sillä komponenttien käsin laskenta on tulostetuista pohjakuvista erittäin työlästä ja aikaa vievää.

4.1 Määräluettelon käyttö

Määräluetteloksi tarkoitetaan luetteloa, jonka sähkösuunnittelija tekee tietomallista saaduista materiaalmääristä urakkalaskentaan. Määräluetteloiden avulla voidaan nopeuttaa ja helpottaa sähköurakoitsijan laskentaa rakennuksen uudis- ja muutostöissä. Laskenta-ajan väheneminen näkyy lisäksi tilaajalla kustannussäästöinä. (Haikka 2006.)

Tämänhetkisillä 3D-tietomallinnusohjelmilla sähkösuunnittelija pystyy luomaan täydellisiä tietomalleja ja määräluetteloita melkein kaikista sähkökomponenteista. Ongelmia tuottavat kaapeleiden, kourujen ja kaapelihyllyjen määräluettelot, joiden lopullisen reitin ja sijainnin mallintaminen on vaikeaa. Lisäksi kaapelihyllyjen lisätarvikekulut ovat esimerkiksi vielä toistaiseksi mahdottomia laskea mallinnuksella täysin oikein. Tietomallinnuksen käytön ja tarkkuuden

Lisääntyessä voidaan määräluetteloiden luominen siirtää aikanaan kokonaan sähkösuunnittelijoille. (Hämäläinen 2010.)

Tällä hetkellä käytetään vähän sähkösuunnittelijan tuottamia määräluetteloita. Määräluetteloita tarvottaessaan urakoitsija teettää yleensä ne laskijoillaan, jotka laskevat tiedot piirustuksista. Olisikin taloudellisesti kannattavaa ja järkevää jo projektin alussa sähkösuunnittelijan tehtäväksi määritellä osa tarvittavista määräluetteloista.

4.2 Määräluettelon tasot

Eri työvaiheisiin ja käyttötarkoituksiin tarvitaan useasti tietoja tarvikkeista. Määräluetteloita jaetaan monesti tietojen perusteella tasoihin niiden sisällön laajuuden ja tarkkuuden mukaan. Tasojaolla tieto jaetaan käyttötarkoitusta vastaaviin kokonaisuuksiin, minkä vuoksi esimerkiksi tarjouspyynnössä ei ole huoltoon liittyviä tietoja laitteesta. Käytetyin ja loogisin tasonjako on jako kolmeen käyttäen jakoperusteina työtapojen ja työkalujen asettamia rajoja. (Haikka 2006.)

4.2.1 Määräluettelon I taso

Määräluettelon ensimmäinen taso sisältää tietomalleista poimitut sähköpisteiden ja johtoteiden tekniset perustiedot (tikkaat, hyllyt, kourut ja kiskot). Luettelo sisältää tasopiirustuksessa olevat tiedot taulukkomuodossa. Taulukossa 2 on esimerkki I tason määräluettelosta. (Haikka 2006.)

TAULUKKO 2. Esimerkki I tason määräluettelosta.

Määrä	IP-Luokka	Selitys	Asennustapa	Järjestelmä	Järjestelmän kuvaus
9	IP20	Pistor. 1-os maad.	F	2	Pistorasiat
2	IP20	Pistor. 2-os maad.	F	2	Pistorasiat
5	IP20	Kytkin 1-nap	S	3	Yleisvalaistusjärjestelmä
1	IP44	Liiketunnistin	F	5	Kulunvalvontajärjestelmä

Tämäntasoista määräluetteloa voidaan käyttää tarjousvaiheessa liitteenä tilaajalle.

4.2.2 Määräluettelon II taso

Määräluettelon toinen taso sisältää I tason pistekohtaisten tietojen lisäksi tiedot kaapeleista. Kaapeleista esitetään kokonaispituudet ja nimitys (kaapeli-tyyppi) sekä halkaisija, paino ja kappalemäärä. Taulukossa 3 on esimerkki II tason kaapeleiden määräluettelosta. (Hämäläinen 2006.)

TAULUKKO 3. Esimerkki II tason määräluettelosta.

Kaapeli	Yhteispituus (m)	Lukumäärä	Halkaisija	Paini (kg/km)
MMJ 3x1,5 S	118,8	13	9,5	120
MMJ 3x2,5 S	134,7	18	11	170
MMJ 5x10 S	239,8	10	21	840

Tämäntasoista määräluetteloa voidaan käyttää tarjouslaskentaan sekä hyödyntää sähköasentajien työssä rakennustyömaalla. Lisäksi määräluetteloa voidaan käyttää hankinnan ja logistiikan apuna.

4.2.3 Määräluettelon III taso

Määräluettelon kolmas taso sisältää valittujen tuotteiden tarkat tiedot. I tason pistekohtaisten tietojen lisäksi taso sisältää tuotteiden valmistajan, sähkönumeron sekä mallin (Hämäläinen 2006). Taulukossa 4 on esimerkki yksinkertaisesta III tason määräluettelosta.

TAULUKKO 4. Esimerkki III tason määräluettelosta.

Määrä	IP-Luokka	Selitys	Asennustapa	Järjestelmä	Valmistaja	Sähkönumero	Malli
14	IP20	Pistor. 1-os maad.	F	2	Ensto	25 061 90	Jussi
31	IP20	Pistor. 2-os maad.	F	2	Ensto	25 061 91	Jussi
25	IP20	Kytin 1-nap	S	3	Ensto	26 060 93	Jussi
5	IP44	Liiketunnistin	F	5	Ensto	27 193 26	Jussi

Tämäntasoista määräluetteloa voidaan käyttää urakkalaskennassa ja tuotteiden tilauksessa sekä myöhemmin tuotettuna huollon ja saneerauksen yhteydessä.

4.3 Määräluettelon sisältö

Määräluettelot sisältävät rakennuskohteen kaikki tiedot sekä materiaalit ja niiden lukumäärät luetteloiden muodossa. Luetteloiden taso riippuu siitä, millaisella suunnitteluohjelmalla ne on luotu ja kenelle se on tarkoitettu. Sähköura-koitsijalle tuleva määräluettelo sisältää yleensä tarkennettuja tietoja materiaaleista ja tuotteista erikoisvaatimuksineen. Vastaavasti asiakkaalle tulevan määräluettelon ei tarvitse sisältää kuin tuotemäärät ja nimikkeet, jos asiakas ei muuta erikseen vaadi. (Sähköinfo Oy ST 13.80 2011.)

5 TIETOMALLINNUS URAKKALASKENNASSA

Yhteiskunnan kehityksestä ja käytössä olevista urakoisijan pisteytysmenetelmistä huolimatta tarjouslaskentaa tehtäessä halvimman tarjouksen tehnyt yritys voittaa. Tämä asettaa urakkalaskijoille niin ajallisia kuin taloudellisia paineita, jotka lisäävät virheiden määrää. Mikäli urakkalaskennassa sattuu yksittäinen virhe voi urakka mennä tappiolliseksi tai pahimmillaan yritys joutua konkurssiin.

Suunnittelutoimistojen alkaessa käyttää tietomallintamista ja näiden ohjelmien määräluetteloita, saadaan rakentamisen kustannukset pysymään arvioiduissa rajoissa entistä paremmin. Tämä tekee urakkakilpailusta yhä tiukempaa ja taloudellisesti terveempää, koska kaikilla yrityksillä on käytettävissä samat tarkat piirustukset ja määräluettelot. (Autio 2005.)

5.1 Tarjouslaskenta

Tarjouslaskennan keskeinen päämäärä on saada aikaan mahdollisimman kilpailukykyinen urakkatarjous, joka vastaa asiakkaalta saatuun tarjouspyyntöön. Urakkatarjous muodostuu rakennuskohteeseen kuuluvista kustannuksista ja yrityksen määrittelemästä katteesta. Tavoitteena urakkatarjouksessa on hinnoitella kohde siten, että yritys saisi mahdollisen rakennusurakan ja jäisi siitä vielä voitolle töiden päätyttyä. (Autio 2005.)

5.2 Urakkalaskenta

Urakkalaskenta on tarjouslaskennan aikaa ja resursseja vievin vaihe, jossa määritetään kohteen sähköpisteiden ja tarvikkeiden menekit. Laskennan pohjana käytetään suunnittelutoimiston tarjouspyynnön mukana toimitettuja suunnitelmia, luetteloita ja kaavioita. Urakkalaskentavaihe on tarjouslaskennan tär-

kein vaihe, koska tietyissä laskennallisissa osissa syntyvät virheet näkyvät rahallisesti isoina heitteinä urakkatarjouksessa. (Autio 2005.)

Urakkalaskennassa petollisimpia kustannuksia ovat ne työt ja tarvikkeet, joita suunnitelmista ei näy. Urakkalaskijan on siksi tiedettävä ja osattava ottaa huomioon nämä lisätarvikekulut ja työskentelyssä syntyvät häviökustannukset. Kustannuksista monesti kalleimpia ovat hävikkikustannukset, jotka saattavat olla laajoissa urakkakohteissa varsin merkittävät kokonaiskustannuksiin nähden. Näitä kustannuksia syntyy, jos laskija ei osaa arvioida tai laskea hävikiksi muodostuvan materiaalin prosentuaalista osuutta oikein. Suurimmat hävikkikustannukset syntyvät useimmiten metrimääräisten tarvikkeista. Tähän vaikuttavat erityisesti toimituspituuksista johtuvat hukkapalat ja asentajien ylimitoitettujen asennusvarat.

5.3 Urakkalaskentamenetelmät

Urakkatarjouksen kustannukset lasketaan yleensä kokonaisurakkaperiaatteella. Tällöin hyväksytään urakkahinnoittelutaulukoiden epätasaisuudet, koska urakan loppusummassa niitä ei huomaa. Urakkatarjoukseen määritellyt tarvikke- ja työkustannukset voidaan määritellä monin eri tavoin. Kaikilla laskentamenetelmillä on vahvuutensa ja heikkoutensa ja kaikki ne johtavat urakkatarjouksen muodostumiseen. (Tikli 2007; Kajan 2010.)

5.3.1 Yksikköhintalaskenta

Yksikköhintalaskentaa käytetään töiden ja tarvikehintojen määrittämiseen. Tarjouspyynnön mukana tulevista piirustuksista määritellään urakkaan sisältyvät pisteet, joista arvioidaan urakkaan tarvittavat tavaramäärät. Metrimääräiset tarvikkeet määritellään käyttäen piirustuksissa ja muissa asiakirjoissa ilmoitettuja mittakaavoja. Hinnoittelu tapahtuu tuotehinnastoilla tai tietomallin tarvikehinnaston tietokannoilla. Kohteen järjestelmällisellä laskemisella voidaan yksikköhintamenetelmällä päästä parin prosentin tarkkuuteen toteutuvista tarvikkekustannuksista, mikäli piirustukset ovat kunnossa. (Autio 2005.)

5.3.2 Pistelaskentamenetelmä

Pistelaskentamenetelmää käytetään tarkasteltaessa sähköpisteistä muodostuvaa kokonaiskustannusta. Piste- ja yksikköhintalaskenta ovat toistensa kaltaiset, erona pistelaskennassa käytettävä sähköpisteen hinnoittelu. Laskentamenetelmä sisältää kaikki yksittäisen sähköpisteen tarvike- ja asennuskustannukset. Sähköpisteen hinnoittelu määräytyy asennuksesta sekä muista pisteeseen liittyvistä töistä ja tarvikkeista, joiden hinnat määritellään yksikköhintamenetelmän tavoin. (Sähköinfo 2011.)

5.4 Tietomallin käyttäminen urakkalaskennassa

Tietomallipohjaisessa suunnittelussa rakennuskohteen malliin asetellaan kaikki rakentamiseen edellytetyt rakennetiedot seinien rakenteesta perustuksiin. Mallintamisessa saatua mallia käytetään tämän jälkeen pohjana sähkösuunnittelussa. Sähkösuunnittelu voidaan toteuttaa perinteisenä kaksiulotteisena tasokuvasuunnitteluna, johon kolmiulotteista tietomallia käyttäen lisätään määrätyille sähköpisteille vaadittavat korkeustiedot. Suunnittelu on myös mahdollista toteuttaa suoraan kolmiulotteiseen tietomalliin. (CADS 2010.)

Tietomallipohjaisten suunnitteluohjelmistojen tietokantajärjestelmät sisältävät useiden laitevalmistajien tuotevalikoiman ja näistä tehdyt kolmiulotteiset mallinnukset. Tämä mahdollistaa sähkösuunnittelussa tarkan mallintamisen käyttämällä kyseisiä komponentteja. Tarkempaa komponentin määrittelyä tehtäessä voidaan apuna käyttää esimerkiksi Suomen sähkötukkuliikkeiden liiton sähkönumero tietokantaa.

Kun suunnitelmissa esiintyvät komponentit on määritetty, voidaan näistä luoda entistä tarkempia ja tiedoiltaan täydellisimpiä piirustuksia sekä määräluetteloita. Määräluetteloiden ansiosta vähenevät myös urakkalaskentaa suorittavien yritysten työmäärät. Tarkempi ja yksityiskohtaisempi tieto mahdollistaa myös entistä tarkemman laskentatuloksen.

Yrityksen voittaessa urakan on urakoitsijaksi tämän jälkeen helppo tilata kaikki tarvittavat tarvikkeet työmaalle määräluetteloita käyttämällä. Tietomallinnuksen kautta yrityksen liiketoimintaan liittyvät riskit, työmäärä ja vastuu myös vähenevät. Vastaavasti yritysten välinen kilpailu urakkakohteista kasvaa tiedon lisääntyessä.

Tietomallipohjainen sähkösuunnittelu on urakan tilanneelle asiakkaalle taloudellisesti hyvä ja kannattava asia, sillä suunnitteluvaiheessa lisääntynyt työmäärä saadaan rahallisesti osittain takaisin urakkalaskenta-ajan lyhentyessä. Lisäksi asiakas saa selkeän kuvan tietomallin avulla kohteesta ennen varsinaisten töiden aloittamista, jolloin asiakkaan haluamat muutokset suunnitelmiin ovat taloudellisesti helppo toteuttaa.

6 MAGICAD-SÄHKÖSUUNNITTELUOHJELMA

MagiCAD on suomalaisen Progman-yrityksen kehittämä talotekniseen suunnitteluun tarkoitettu mallinnusohjelmisto. Ohjelmistossa on laaja valikoima työkaluja LVI- ja sähköjärjestelmien suunnitteluun ja piirtämiseen. Ohjelma on kehitetty toimimaan AutoCAD-ohjelmiston päällä.

MagiCAD on pohjoismaiden johtava CAD-ohjelmisto, jolla on ammattikäytössä yli 7 500 myytyä lisenssiä. Progman tarjoaa suunnitteluohjelman lisäksi laitevalmistajille Product Modelling -tietomallinnuspalvelun, jonka ansiosta ohjelma sisältää 90 laitevalmistajan mallinnetut tuotteet suunnittelijoiden käyttöön. Ohjelmistossa käytettävät piirrosmerkit sisältävät 2D- ja 3D-symboleiden lisäksi hyvin monipuolista tuotetietoa. Tuotteiden perustietojen lisäksi suunnittelija voi tarvittaessa täydentää tuotetietoja haluamallaan tavalla lähes vapaasti. (Progman 2011; MagiCAD Wikipedia 2011.)

6.1 Projektin tiedosto

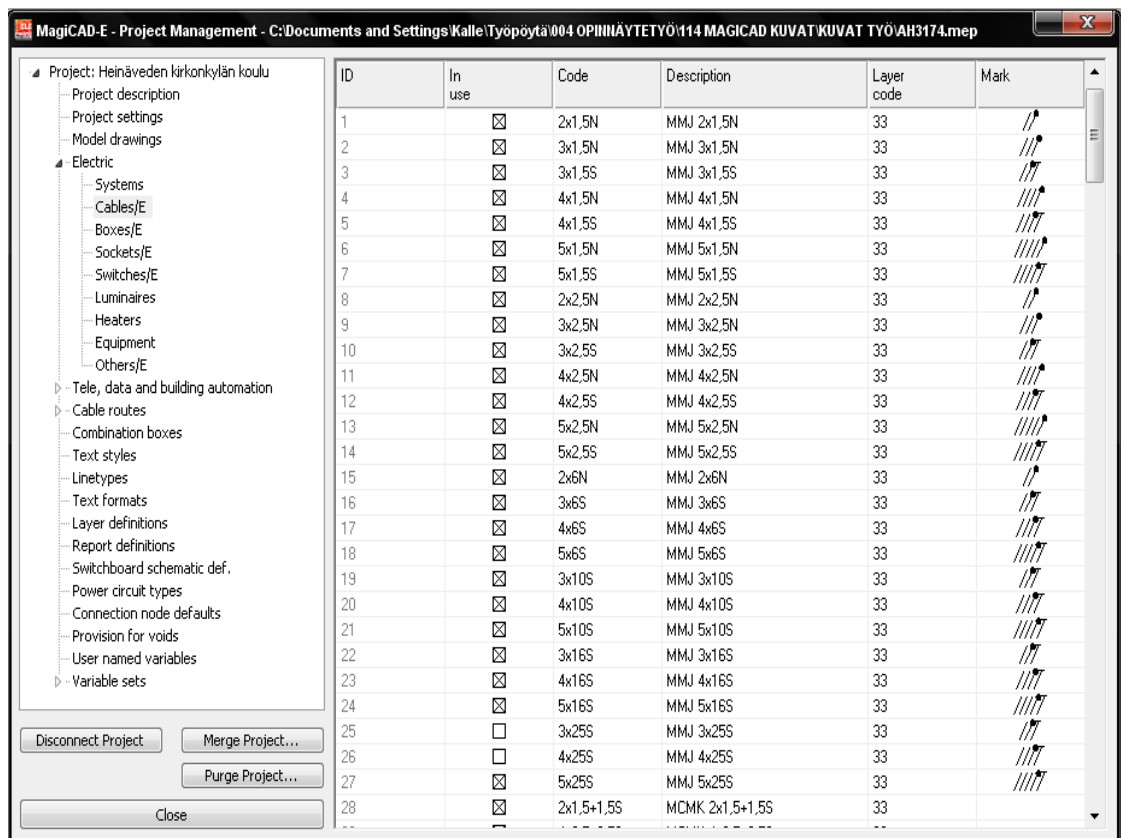
MagiCAD-projekteissa on aina luotava aluksi erillinen projektitiedosto ennen suunnittelun aloittamista. Projektitiedostossa sijaitsevat projektissa käytettävät asetukset ja tiedot sekä myöhemmässä vaiheessa suunniteltavat kuvat, joiden hallinta projektitiedoston avulla on helppoa. Tiedostossa määritellään tarkasti kaikki suunnittelussa käytettävät värit, viivantyytit, tietomallien sisältämät tietojen tekstityylit, määrälaskentaluetteloitten asetukset, kaapelilajit, komponentit, tasot ja keskuskaavioiden linkitykset. Suunnitelmissa käytettäviä tietoja on myöhemmin tarvittaessa helppo päivittää ja muokata projektikansiosta.

Suunnitteluprojekteista käytetään suunnitelmissa usein eri valmistajien tuotteita. Tietomallipohjaisen suunnittelun ansiosta jokaisella tuotteella on onneksi oma yksilöllinen tietomalli. Käytettävissä olevien tuotteiden lista olisi pitkä, jos tuotteita ei voitaisi luokitella projekteittain. Tästä syystä projektitiedostossa voi-

daan määrittellä ne tuotteet, jotka halutaan valita käytettäviksi suunnitelmia tehtäessä.

Kuvassa 1 näkyy tutkimusprojektissa käytettävissä olevat kaapelit, joista osa on jätetty valitsematta. MagiCAD-ohjelmassa käytettävät kaapelit ja muut tuotteet valitaan tuotekirjastoon Qmodel-tuotetietokannasta, joka sisältää tietomallien tekniset tiedot.

Tässä tutkimustyössä luotiin ainoastaan projektikansio. Projektikansio tulee luoda aina erikseen tietokoneelle. Projektitiedoston asetukset ja tiedot olivat jo aikanaan suunnitteluvaiheessa aseteltu, joten niiden muokkaaminen tutkimustyön aloitusvaiheessa ei ollut kannattavaa.



The screenshot shows the 'MagiCAD-E - Project Management' window. On the left is a tree view of the project structure, including 'Project: Heinäveden kirkonkylän koulu', 'Project description', 'Project settings', 'Model drawings', 'Electric', 'Systems', 'Cables/E', 'Boxes/E', 'Sockets/E', 'Switches/E', 'Luminaires', 'Heaters', 'Equipment', 'Others/E', 'Tele, data and building automation', 'Cable routes', 'Combination boxes', 'Text styles', 'Linetypes', 'Text formats', 'Layer definitions', 'Report definitions', 'Switchboard schematic def.', 'Power circuit types', 'Connection node defaults', 'Provision for voids', 'User named variables', and 'Variable sets'. At the bottom of the tree view are buttons for 'Disconnect Project', 'Merge Project...', 'Purge Project...', and 'Close'. The main area is a table with the following columns: ID, In use, Code, Description, Layer code, and Mark. The table lists 28 cable types, with the last one (ID 28) being 'MCMK 2x1,5+1,5S'.

ID	In use	Code	Description	Layer code	Mark
1	<input checked="" type="checkbox"/>	2x1,5N	MMJ 2x1,5N	33	///
2	<input checked="" type="checkbox"/>	3x1,5N	MMJ 3x1,5N	33	///
3	<input checked="" type="checkbox"/>	3x1,5S	MMJ 3x1,5S	33	///
4	<input checked="" type="checkbox"/>	4x1,5N	MMJ 4x1,5N	33	///
5	<input checked="" type="checkbox"/>	4x1,5S	MMJ 4x1,5S	33	///
6	<input checked="" type="checkbox"/>	5x1,5N	MMJ 5x1,5N	33	///
7	<input checked="" type="checkbox"/>	5x1,5S	MMJ 5x1,5S	33	///
8	<input checked="" type="checkbox"/>	2x2,5N	MMJ 2x2,5N	33	///
9	<input checked="" type="checkbox"/>	3x2,5N	MMJ 3x2,5N	33	///
10	<input checked="" type="checkbox"/>	3x2,5S	MMJ 3x2,5S	33	///
11	<input checked="" type="checkbox"/>	4x2,5N	MMJ 4x2,5N	33	///
12	<input checked="" type="checkbox"/>	4x2,5S	MMJ 4x2,5S	33	///
13	<input checked="" type="checkbox"/>	5x2,5N	MMJ 5x2,5N	33	///
14	<input checked="" type="checkbox"/>	5x2,5S	MMJ 5x2,5S	33	///
15	<input checked="" type="checkbox"/>	2x6N	MMJ 2x6N	33	///
16	<input checked="" type="checkbox"/>	3x6S	MMJ 3x6S	33	///
17	<input checked="" type="checkbox"/>	4x6S	MMJ 4x6S	33	///
18	<input checked="" type="checkbox"/>	5x6S	MMJ 5x6S	33	///
19	<input checked="" type="checkbox"/>	3x10S	MMJ 3x10S	33	///
20	<input checked="" type="checkbox"/>	4x10S	MMJ 4x10S	33	///
21	<input checked="" type="checkbox"/>	5x10S	MMJ 5x10S	33	///
22	<input checked="" type="checkbox"/>	3x16S	MMJ 3x16S	33	///
23	<input checked="" type="checkbox"/>	4x16S	MMJ 4x16S	33	///
24	<input checked="" type="checkbox"/>	5x16S	MMJ 5x16S	33	///
25	<input type="checkbox"/>	3x25S	MMJ 3x25S	33	///
26	<input type="checkbox"/>	4x25S	MMJ 4x25S	33	///
27	<input checked="" type="checkbox"/>	5x25S	MMJ 5x25S	33	///
28	<input checked="" type="checkbox"/>	2x1,5+1,5S	MCMK 2x1,5+1,5S	33	///

KUVA 1. Projektissa käytettävät kaapelit

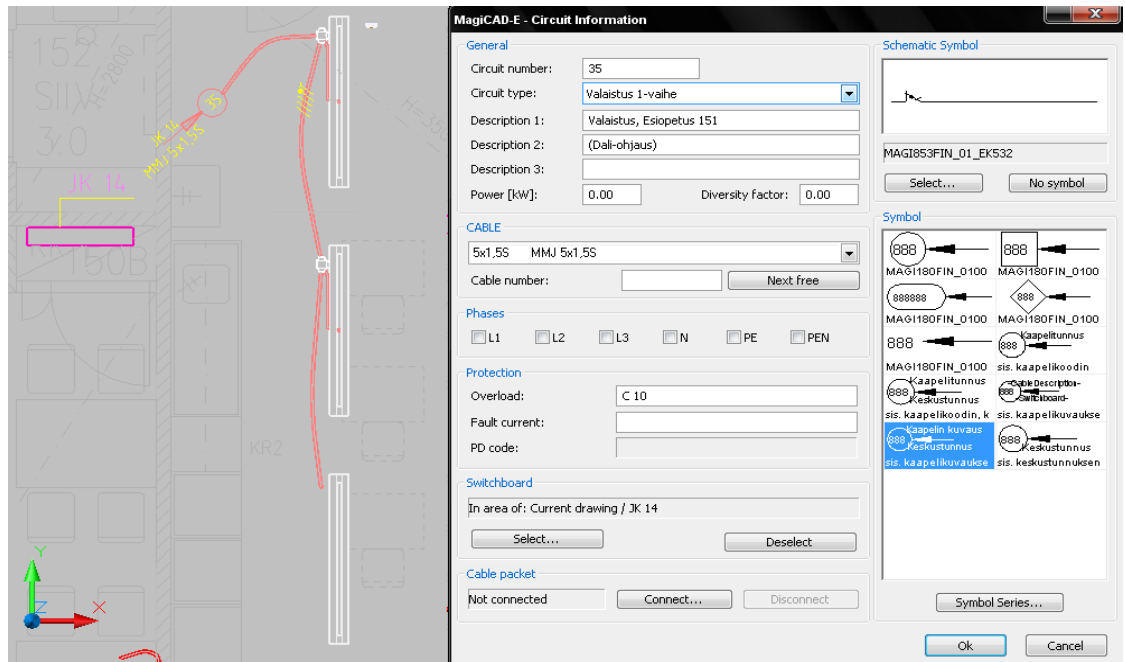
6.2 Johdotuksen mallinnuksessa käytettävät työkalut

MagiCAD antaa mallinnukseen hyvän lähtökohdan atk-, nousu- ja sähkökaapelien mallintamiseen. Mallinnuksen tarkoituksena on viedä rasia tai ryhmänumeron kohdalta katkaistu syöttö katkeamattomana keskukselle, jonne sen on määrä liittyä. Jokaista ryhmäjohtoa ei ole tarkoitus alkaa jatkamaan erikseen, vaan ne liitetään keskukseseen käyttämällä ohjelmassa olevaa kaapelipakettitoimintoa. Ryhmänjohdon ollessa kytkettynä kaapelipakettiin sen jatkuvuus keskukselle voidaan varmistaa käyttämällä kaapelipakettireitin näyttötyökalua. Jos kohde on kaksikerroksinen, tulee kerrosten välille nousujohtoja, joiden jatkuvuus seuraavassa kerroksessa on mallinnettava. Tätä varten ohjelmassa on käytössä kerrosten väliset liitossolmut (Connect Node) -työkalu.

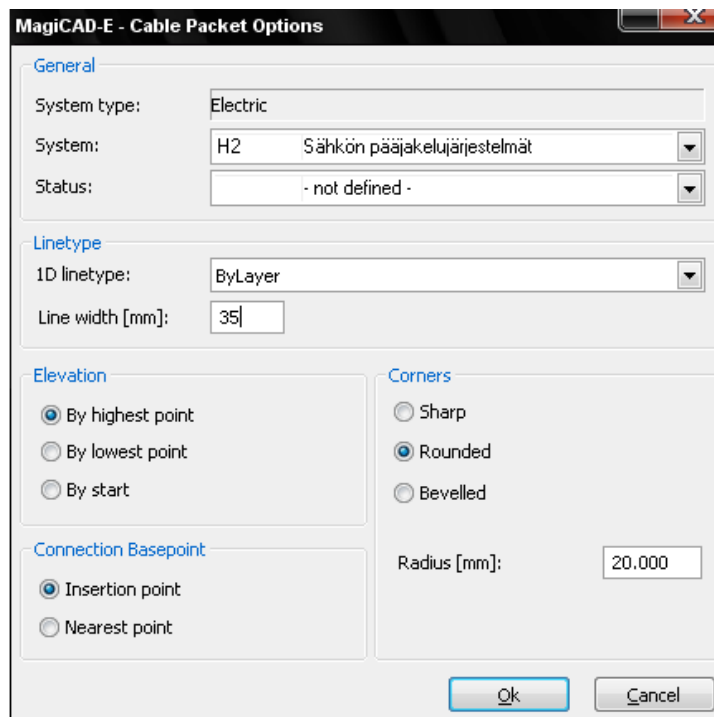
6.2.1 Kaapelipaketti ja reitin mallinnus

Kaapelipaketti (Cable Packets) työkalu mahdollistaa MagiCAD-ohjelmassa tietomallinnetun kohteen johdotuksien päättämisen keskukselle. Usein sähkösuunnitelmia tehtäessä suunnittelija jättää ryhmäkohtaisen syöttöjohdon keskusta lähimmälle komponentille (kuva 2), johon merkitsee ryhmänumeron, kaapelityypin ja sulakekoon. Mallinnusohjelmien kehittyttyä on ryhmiin voinut lisäksi merkitä liittyntäkeskuksen, keskuskaavion piirustusmerkin ja mahdolliset lisäsuojaukset.

Kaapelipakettityökalulla on tarkoitus luoda ns. kanava, jota pitkin ryhmien syöttöjohdot voidaan viedä keskukselle. Paketin kulkureitti tulee mallintaa kolmiulotteisesti siten, että se jäljittelee todellisia johtoreittejä. Reitin mallintaminen aloitetaan valitsemalla työkalu, joka avaa projektissa ensimmäisellä kerralla kaapelipakettidialogin (kuva 3). Ikkunasta voi haluttaessa säätää kaapelipaketin mallintamiseen liittyviä viivatyyppejä, nipun korkeutta, kulman jyrkkyyttä ja projektitason. Ikkunan sulkemisen jälkeen valitaan kaapelipaketin lähtöpiste, jolloin ohjelma kysyy aloituskorkeutta (Elevation). Tämän jälkeen kaapelipaketti voidaan mallintaa haluttua reittiä pitkin.

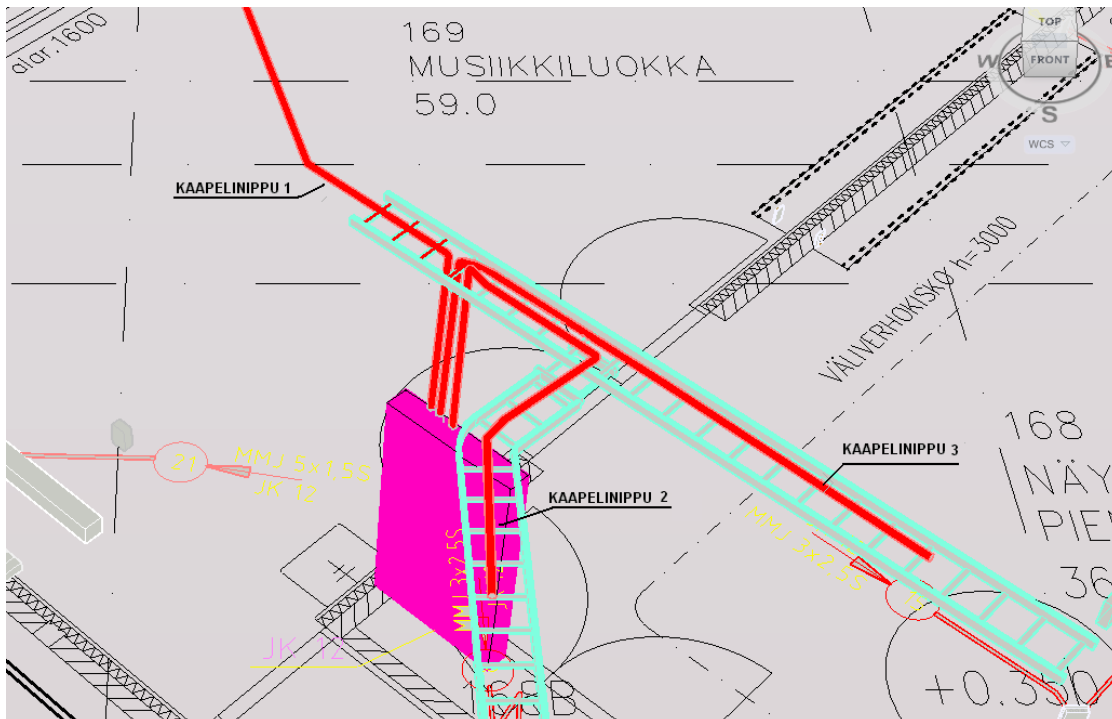


KUVA 2. Perinteisellä suunnittelulla toteutettu valaistuksen ryhmäjohto (vasemmalla) ja kyseisen ryhmäjohtoon tiedot (oikealla).



KUVA 3. Kaapelipaketin asetus-dialogia ikkuna.

Korkeutta voidaan muuttaa tarvittaessa valitsemalla korkeuden määrittäminen (Elevation). Kaapelipakettireitin ollessa valmis painetaan tabulaattoria, jolloin ohjelma päättää kaapelipaketin.



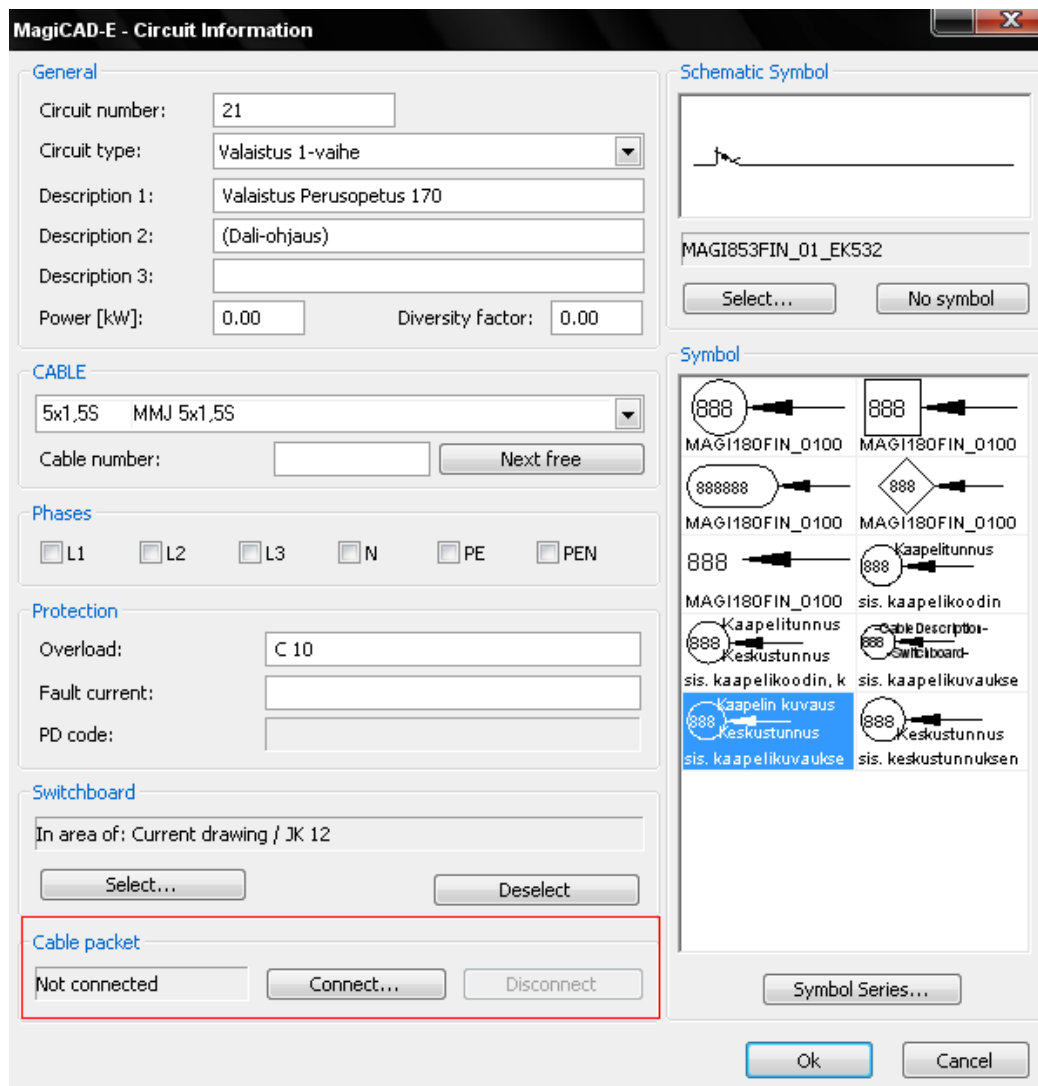
KUVA 4. Jakokeskus 12:sta lähteviä kaapelipaketteja, joiden reitti on mallinnettu seuraamaan rakennuksen rakenteita ja kaapelihyllyjä.

Reitin luomisen jälkeen voidaan useita syöttöjohtoja viedä keskukselle ilman, että jokainen johto mallinnettaisiin erikseen. Ryhmäjohtojen ollessa keskukselta katsottuna erisuunnissa on järkevää luoda useita kaapelipaketteja. Useampi paketti varmistaa ryhmäkohtaisesti lyhimmän ja todellisuutta vastaavan reitin (kuva 4). Mallinnuksessa jokaiselle keskukselle tulee omat kaapelipaketit joita on myös riittävästi.

6.2.2 Ryhmäjohtoon liittäminen kaapelipakettiin

Kaapelipaketin ollessa mallinnettuna, tulee pakettiin liittyvät ryhmät kytkeä siihen kiinni. Aiemmin suunnittelijoiden vapaaksi jättämät ryhmiensyötöt yhdistetään nyt kaapelipaketin välityksellä keskukseseen. Tämä mahdollistaa johtopituuksien mallinnuksen tietomallista. Mallintamattomat kaapelit jäävät pituuksia selvittäessä vajaiksi, koska MagiCAD-ohjelmisto osaa yksinomaan laskea kuviin piirretyn kaapelin osat. Yhdistämällä ryhmäjohtoon kaapelipakettiin luodaan ohjelmiston ymmärtävä reitti keskukselle. Tällöin aiemmin pois jäänyt pituus tieto saadaan selville.

Ryhmän liittäminen pakettiin tapahtuu avaamalla halutun ryhmänumeron symboli. Avautuneesta ikkunasta (kuva 5) valitaan kaapelipaketti kohdasta yhdistä (Connect). Tämän jälkeen valitaan haluttu kaapelipaketti. Ensimmäisellä kertaa kaapelipaketti valittaessa, tulee määritellä kaapelin kulkusuunta (joka on keskukselle). Valinnan jälkeen liitoksen onnistuminen voidaan tarkastaa aiemmin mainitusta ikkunasta, jossa kaapelipaketin paikalla on ilmoitus yhdistymisestä (Connected). Ryhmän liittämisen jälkeen voidaan muut ryhmät liittää kaapelipakettiin, samaa menetelmää käyttäen.

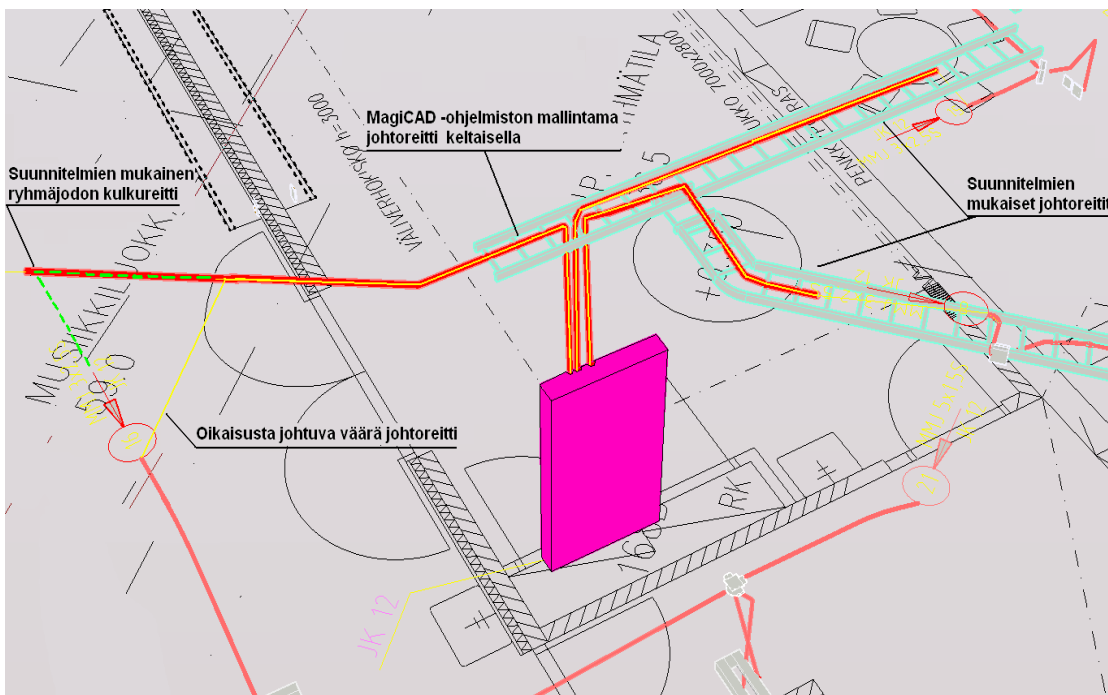


KUVA 5. Ryhmäjohdon liittämistoiminto.

6.2.3 Kaapelipakettien reitin näyttö

Ryhmäjohtoon käyttämä reitti kaapelipakettiin on hyvä tarkastaa reitinnäyttö työkalulla show cable packet. Reitti tulee tarkistaa siksi, että kaapelipaketin reitin ollessa mutkainen ja hieman kaukana ryhmäjohtosta, sen liittyminen voi tapahtua erikohdasta, kuin on suunniteltu. Kuvassa 6 on esitetty eräiden ryhmäjohtojen liittymistä kaapelipakettiin reitinnäyttö työkalua käyttämällä.

Ryhmäjohtoon reitti kaapelipaketille tarkistetaan valitsemalla reitinnäyttö työkalu, jonka jälkeen valitaan haluttu ryhmäjohto. Valinnan jälkeen ohjelma näyttää aikaisemmin kaapelipakettiin liitetyn ryhmäjohtoon menoreitin keltaisella viivalla. Viiva kuvaa reittiä, jonka mukaan ohjelma on mallintanut ryhmäjohtoon kulkeaan keskukselle. Reitin ollessa suunnitelmien vastainen täytyy ryhmäjohtoon ja kaapelipaketin välistä väliä pienentää niin, että ryhmän liittyminen tapahtuu halutussa kohtaa kaapelipakettia.



KUVA 6. MagiCAD-ohjelman mallinnetut kaapelireitit, reitinnäyttö työkalulla esitettynä.

Useamman kaapelin liittyessä samaan kaapelipakettiin on yksinkertaisinta jatkaa virheellisesti kytkeytynyttä ryhmäjohtoa kaapelipaketilla päin. Kuvassa 7 on esitetty edellisessä kuvassa (6) olevan vääränjohtoreitin korjaus vaihto-

ehdot. Haluttaessa tarkastaa jokaisen ryhmäjohton reitti on nämä käytävä jokainen erikseen läpi kyseisellä työkalulla.



KUVA 7. Mallinnettavan ryhmäjohton reitin korjaus vaihtoehdot. Kaapelipaketin jatkaminen ryhmäjohton suuntaan (Vasemmalla) ja Ryhmäjohton jatkaminen kaapelipaketin läheisyyteen (Oikealla).

6.2.4 Kerrosten väliset liitossolmut

Jotta kaapelienpituudet saadaan mallinnettua oikein myös niissä tapauksissa, kun keskus sijaitsee eri kerroksessa, pitävät kaapelipaketit saada vietyä kerroksesta toiseen. Tätä varten MagiCAD-ohjelmassa on Connect Node työkalu jolla voidaan suorittaa kerrosten väliset liitossolmukytkenät. (MagiCAD 2009.)

Kerrosten välisen liitossolmun luominen aloitetaan projektihallintadialogissa olevalla Connection node defaults toiminnolla, jolla voidaan asettaa oletusarvoinen symboli eri suuntiin meneville kaapeleille. MagiCAD käyttää tämän jälkeen asetettuja symboleja, kun kaapelipaketin yläpäähän lisätään liitossolmu. Ohjelma ottaa vastaavasti oletussymbolin, kun liitossolmu haetaan seuraavaan kerrokseen. (MagiCAD 2009.)

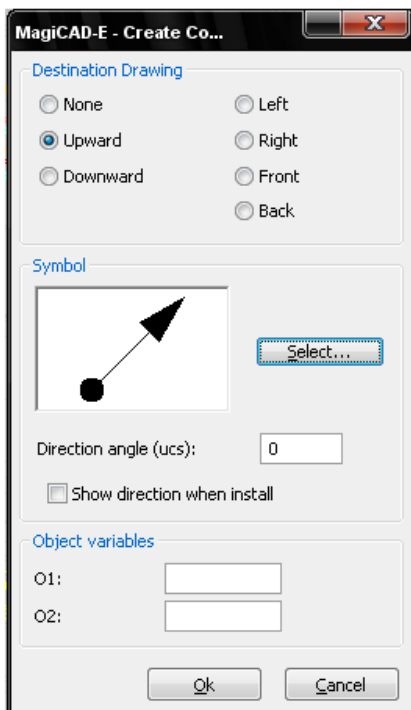
Ennen kerrosten välisten kaapeleiden kytkemistä tulee mallinnuksessa määrittää kerrosten sijainnit toisiinsa nähden. Tätä varten ohjelmassa on Edit Storey Properties -toiminto.

Kaksi kerroksiseen rakennukseen, merkitään kerroksittain Z-arvoksi kerroksen lattian korkeusasema alimman kerroksen lattiasta (kuva 8).

The image shows two instances of the 'Storey origin in building' dialog box. The first instance is for 'Kerros 1' with the following values: Storey name: Kerros 1, Origin position (x,y,z): 0, 0, 0, and Rotation angle [deg]: 0. The second instance is for 'Kerros 2' with the following values: Storey name: Kerros 2, Origin position (x,y,z): 0, 0, 3500, and Rotation angle [deg]: 0.

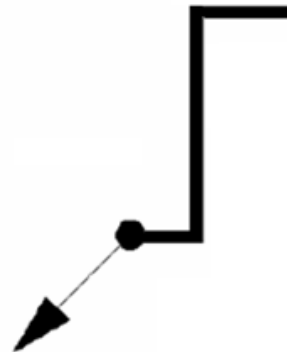
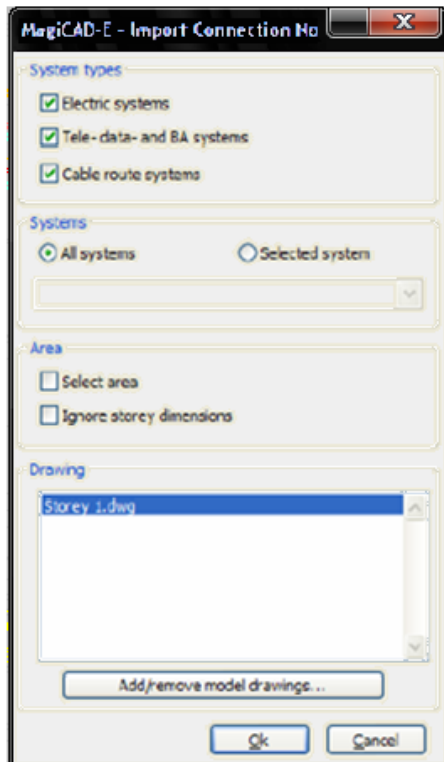
KUVA 8. Kerrosten korkeusasema kerroksittain.

Kerrosten korkeusasemien määrittelyn jälkeen voidaan toteuttaa kytkennät kerrosten välillä. Kytkentä tapahtuu piirtämällä kaapelipaketti alimmassa kerroksessa maksimikorkeuteen, minkä jälkeen kaapelipaketin päähän lisätään liittossolmu, jonka suunta on ylöspäin (Upward) kuvan 9 mukaisesti. (MagiCAD 2009.)



KUVA 9. Liitossolmun lisäys kaapelipaketin päähän Connect Node -toiminnolla.

Liitossolmun lisäyksen jälkeen siirrytään seuraavaan kerrokseen, josta haetaan edellisen kerroksen kytkennät kuvan 10 Connect Node -toiminnolla. Haun onnistumisen merkiksi tulee komentoriville ilmoitus suoritetuista kytkennöistä. Kytkennän haun jälkeen voidaan kaapelipaketin piirtämistä jatkaa kyseisessä kerroksessa liitossolmun symbolista. Jos kerroksia on useampi, tehdään kyseinen toiminto jokaisen kerroksen välillä.



KUVA 10. Kytkentöjen haku edellisestä kerroksesta Connect Node -toiminnolla.

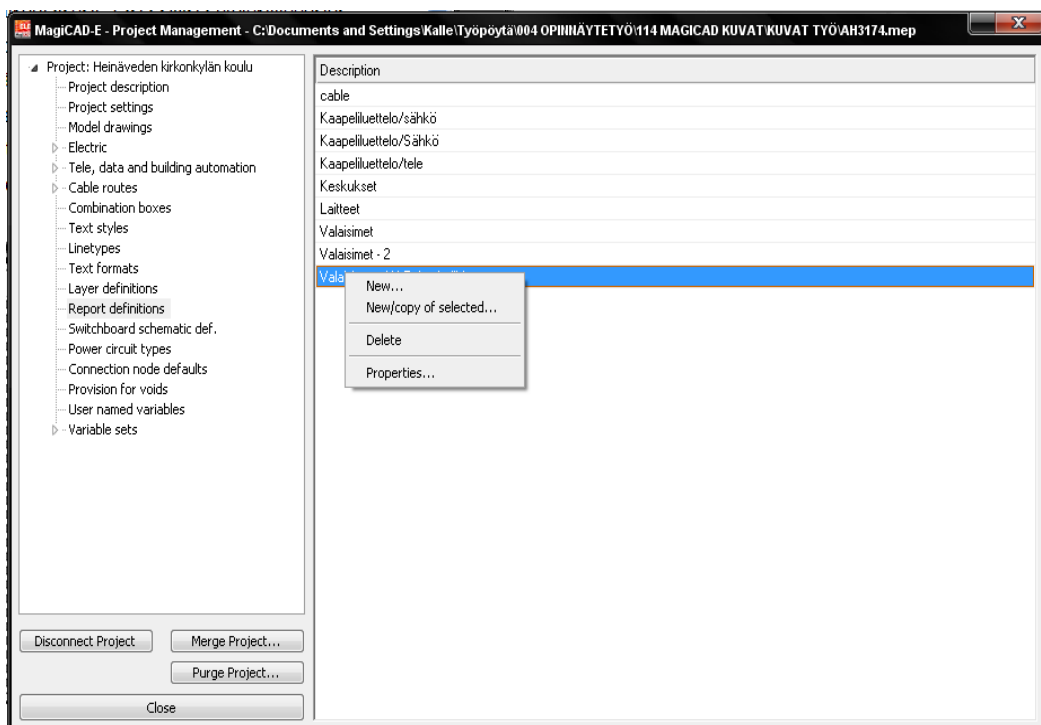
6.3 Raportointityökalu

Mallinnetun tiedon julkaisemiseen MagiCAD-ohjelmistossa on raportointityökaluja, joilla voidaan luoda monipuolisia ja yksityiskohtaisia määräluetteloita. Määräluetteloiden sisällön määrittämiseen ohjelmassa on raporttimäärittelytoiminto (Reports definitions), jonka avulla voidaan määritellä määräluettelossa listattavat asiat. Raportointia varten ohjelmalla voidaan tehdä valmiiksi erilaisia luettelotyylejä, kuten valaisin- ja kaapeliluetteloita. Luetteloihin voidaan sisällyttää tuotteiden tiedot, kuten valmistaja, tyyppi, teho, IP-luokka ja asennustapa.

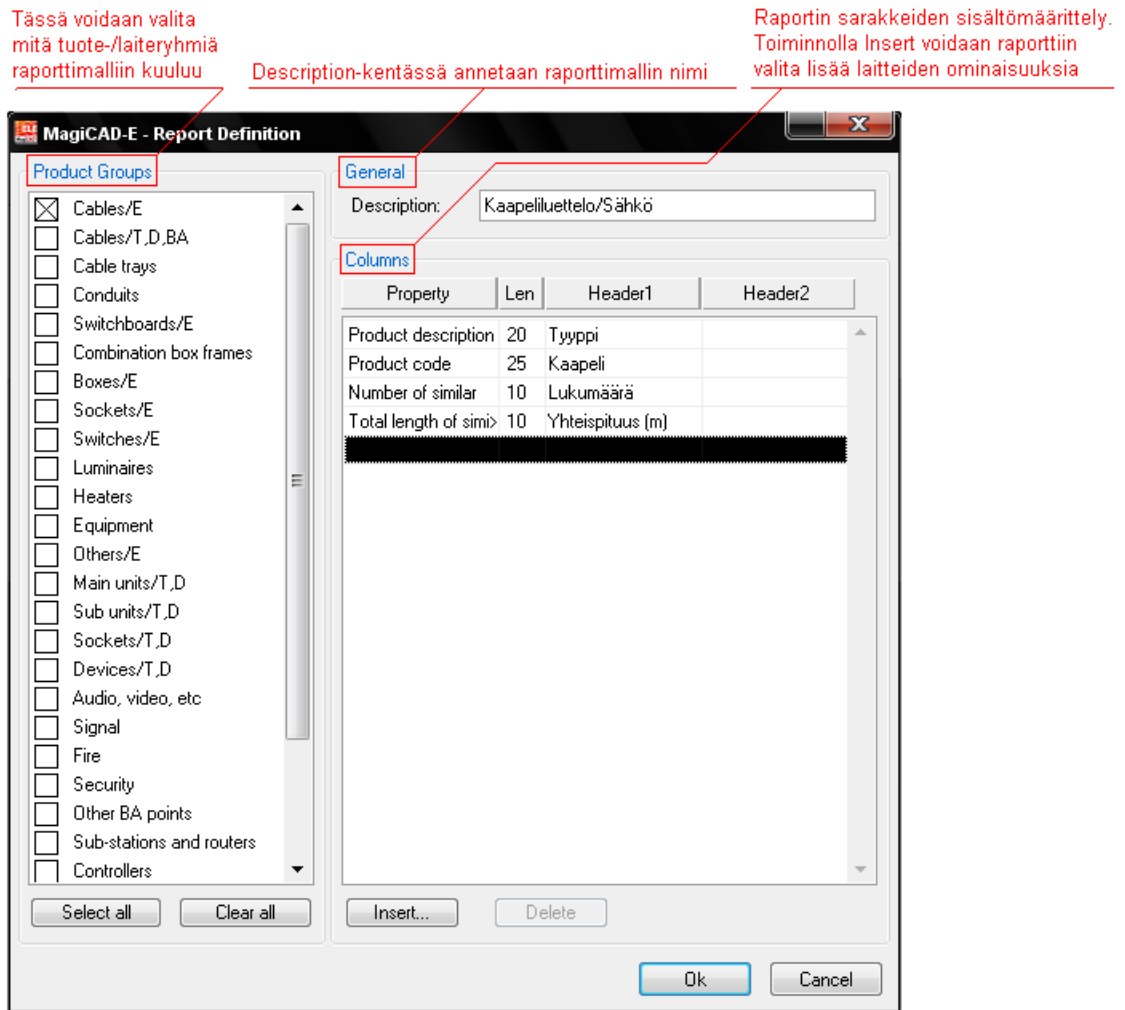
Raportin julkaisemiseen on olemassa raportointityökalu (Reports), jolla voidaan julkaista erilaisia määräluetteloita. Raportointitoiminnolla valitaan laskenta-alueeksi joko valitut objektit, aktiivisena oleva suunnittelukuva tai valittujen kuvien objektit. Ohjelmiston lisäosissa objektien laskenta voidaan suorittaa myös huoneittain. Raportointitoiminnolla voidaan myös tarkistaa suunnitelmis- sa päällekkäin olevat komponentit ja estää näiden laskenta haluttaessa.

6.3.1 Raporttimäärittelyt

Ennen raportointitoimien aloittamista tulee tehdä raporttimäärittelyt. Tämä onnistuu kuvan 11 Description-ikkunassa, Reports definitions -toiminnolla (kuva 12), jolla määritellään tuotteet ja halutunlainen sisältö raportteihin. Sisällön määrittelyn jälkeen uusi raporttimallin pohja voidaan nimetä ja tallentaa. Tämän jälkeen raporttimalli on mukana suunnittelijan käytössä raportointitoimintoa käyttäessään.



KUVA 11. Projektin hallinta, Description-ikkuna.

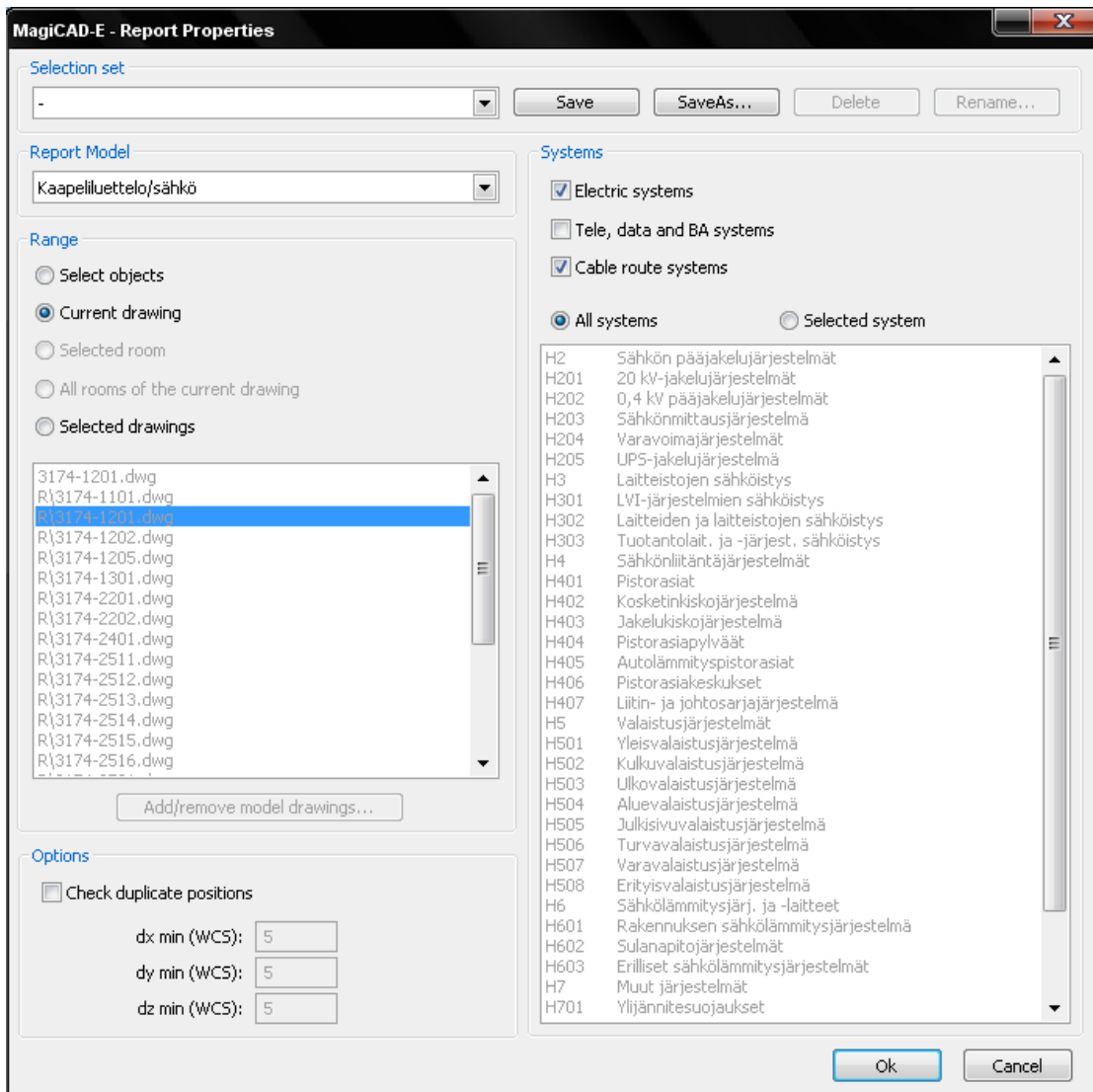


KUVA 12. Report Definition -dialogi raportin sisällön määrittämiseen.

6.3.2 Raporttitoiminnot

Raporttitoiminnot (Reports) -toiminnolla voidaan luoda erilaisia raportteja eli määräluetteloja MagiCAD-suunnitelmissa olevista objekteista. Toiminnolla voidaan tehdä määräluetteloja lähes kaikista tuotteista, kuten kaapeleista, johdotteista ja valaisimista. Raporttiin on saatavissa tuotteen kappalemäärät, pituudet ja Report Definitions -kohdassa määritellyt tiedot.

Raportin luominen aloitetaan valitsemalla Reports-työkalu. Tällöin näkyviin avautuu kuvan 13 Report Properties -dialogi. (MagiCAD 2009.)

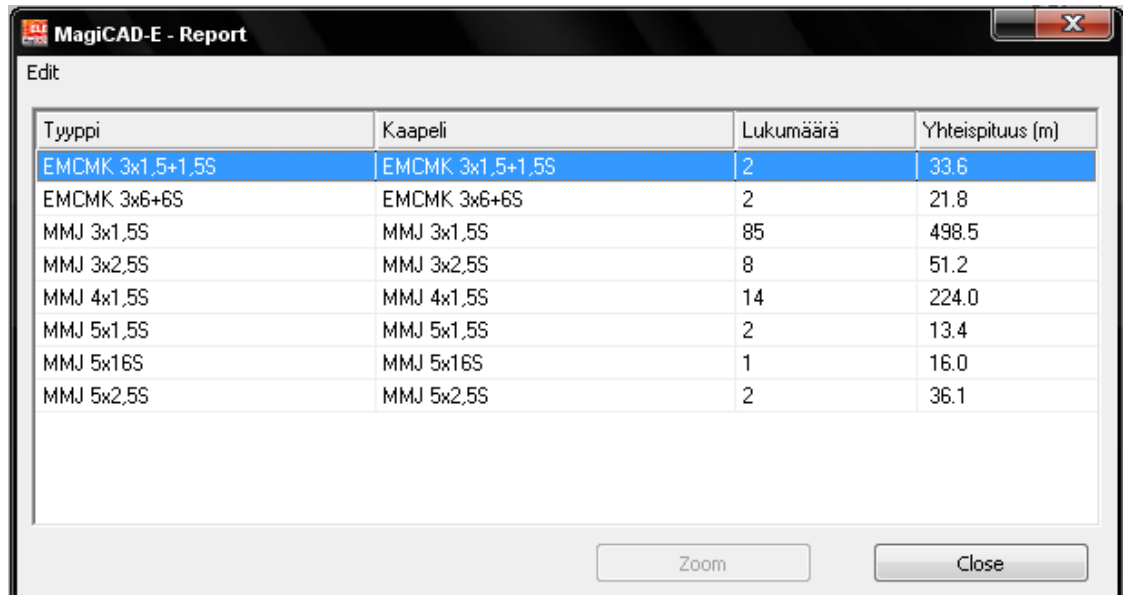


KUVA 13. Report Properties -dialogi raportin julkaisemiseen.

Raportti dialogissa voidaan määritellä halutut tiedot seuraavasti: (MagiCAD 2009.)

- Selection set: Mahdollisuus tallettaa erilaisia raporttimäärittelyksiä.
- Report model: Valitaan haluttu raporttityyppi.
- Range: Määritellään raportin laajuus.
- Select objects: Valitaan objektit, jotka halutaan mukaan raporttiin.
- Current drawing: Raporttiin tulee mukaan kaikki aktiivisen kuvan objektit.
- Selected drawings: Valitaan kuvat, jotka sisällytetään raporttiin.
- Options: Lisäasetukset.
- Systems: Valinta, halutaanko raportin yhdestä vai kaikista järjestelmistä.

Määritelmien jälkeen raporttitoiminto laskee pituudet ja kappalemäärät, aktiivisena olevista piirustuksista asetuksien mukaisesti. Laskennan jälkeen ohjelma julkaisee kuvan 14 mukaisen luettelon, joka voidaan tarvittaessa tulostaa tai tallentaa esimerkiksi Excel tietokantaan.



The screenshot shows a window titled "MagiCAD-E - Report" with a standard Windows interface. Below the title bar is a menu bar with "Edit". The main area contains a table with four columns: "Tyyppi", "Kaapeli", "Lukumäärä", and "Yhteispituus (m)". The table lists various cable types and their quantities and total lengths. The first row is highlighted in blue.

Tyyppi	Kaapeli	Lukumäärä	Yhteispituus (m)
EMCMK 3x1,5+1,5S	EMCMK 3x1,5+1,5S	2	33.6
EMCMK 3x6+6S	EMCMK 3x6+6S	2	21.8
MMJ 3x1,5S	MMJ 3x1,5S	85	498.5
MMJ 3x2,5S	MMJ 3x2,5S	8	51.2
MMJ 4x1,5S	MMJ 4x1,5S	14	224.0
MMJ 5x1,5S	MMJ 5x1,5S	2	13.4
MMJ 5x16S	MMJ 5x16S	1	16.0
MMJ 5x2,5S	MMJ 5x2,5S	2	36.1

At the bottom of the window, there are two buttons: "Zoom" and "Close".

KUVA 14 Esimerkki raportointitoiminnon julkaisemasta määräluettelosta.

7 TUTKIMUSKOHDE JA TUTKIMUSMENETELMÄ

7.1 Tutkimuskohteen esittely

Opinnäytetyön tutkimuskohteena on Heinäveden kirkonkylälle rakennettava Otto Kotilaisen koulu, jonka sähkösuunnittelun AH-Talotekniikka toteutti vuonna 2009. Kuvassa 15 on tutkimuskohteen ensimmäisen kerroksen arkkitehtipohja.

Koulu on kaksikerroksinen, ja sen ensimmäisessä kerroksessa sijaitsevat opetukseen tarkoitetut 15 luokkaa, ruokailu- ja henkilökunnantilat. Toisessa kerroksessa sijaitsevat ullakko ja ilmastointijärjestelmien tilat. Kouluun kuuluvalla tonttimaalla sijaitsee tämän lisäksi yksi ulkorakennus.



KUVA 15. Mallinnuskohteen ensimmäisen kerroksen arkkitehtipohja.

7.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusmenetelmä

Työn tavoitteena on tutkia MagiCAD-ohjelmiston tietomallinnuksen käytettävyyttä johtojärjestelmiä mallinnettaessa. Tutkimuskohteesta mallinnukseen valittujen johtojärjestelmien tuloksia tulee tämän jälkeen vertailla urakkalaskijoiden saamaan määräluetteloon. Tutkimustulosten perusteella on tarkoitus selvittää, voidaanko tällä hetkellä saatavia tietomallinnuksen tuloksia pitää luotettavina johdotuksien määräluetteloita tehtäessä.

Lisäksi MagiCAD-ohjelmistosta tulisi selvittää ohjelman oman raportointityökalun taso-ominaisuuksia määräluetteloita tehtäessä. Mallinnukseen ja urakkalaskentaan liittyvistä tuloksista on lopuksi tarkoitus tehdä parannusehdotuksia esille nousseista asioista sähkösuunnittelun kehittämiseksi.

8 TYÖN SUORITUS

Työn alkuvaiheessa oli tarkoitus tutkia ja opetella MagiCAD-ohjelman peruskäyttöä mallinnukseen liittyvien toimintojen puolesta. Tämän jälkeen tutkimustyöhön valitut atk-rasiakaapelit, nousujohdot ja yleiskaapelointi on mahdollista mallintaa mallinnuskohteeksi valitussa koulussa. Mallinnuksessa saatuja määräluetteloita oli tämän jälkeen määrä vertailla Lemminkäisen urakkalaskijoilta saatuun määräluetteloon.

Saatavia tuloksia vertailtaessa tulee muistaa, että mallinnus rajoittuu keskuk-sien ja ryhmäsyöttöjen väliselle osuudelle. Sähkösuunnittelija on piirtänyt ryhmäsyötön ja kojeen välisen kaapelin perinteisillä tasopiirustusmenetelmillä. Tämä tulee aiheuttamaan eroja mallinnuksesta ja urakkalaskennassa saatujen tulosten välillä, jotka tulee ottaa huomioon tuloksia vertaillessa. Saatujen tutkimustulosten perusteella selvitetään voidaanko tämäntasoisia tietomallinnuk-sen tuloksia pitää luotettavina määräluetteloita tehtäessä.

8.1. Mallinnuksen suoritus

Tutkimustyö alkoi MagiCAD-ohjelmiston asentamisella ja ohjelmaan tutustu-misella ohjelman manuaalissa olevien harjoitustehtävien avulla. Harjoitusteh-tävien avulla opeteltiin kaapeleiden mallintamiseen tarvittavat toiminnot.

Työssä käytettävissä oli AH-Talotekniikan sähköisessä muodossa olevat kol-miulotteiset piirustukset mallinnettavasta kohteesta. Piirustuksia varten täytyi suunnittelussa aluksi luoda uusi projektikansio, koska kuvia siirrettäessä tieto-konekohtainen projektikansio ei siirry piirustuksien mukana. Kansion luomisen jälkeen oli mahdollisuus vaikuttaa projektitiedoston asetuksiin ja muihin tietoi-hin. Tutkimustyön kannalta muutoksia ei tarvinnut tehdä.

Alkuvalmistelujen jälkeen mallinnettiin ensimmäiseksi kohteen yleiskaapelointi (230 voltin järjestelmä) keskus kerrallaan. Mallinnus alkoi lisäämällä kaapeli-hyllyjä ja johtokourureittejä hyväksi käyttäen tarvittava määrä kaapelipaketteja.

Kaapelipaketteja tuli keskuksen koon ja ryhmä lähtöjen määrän mukaan muutamasta kaapelipaketista reiluun pariinkymmeneen keskusta kohti. Kaapelipakettien reittejä suunniteltaessa tuli erityisesti ottaa huomioon korkeusmuutokset ja kaapelipakettien kulkureitit, joiden tulee vastata todellisuutta. Korkeusmuutoksia aiheuttivat kaapelipaketin matkalla mm. keskukselle vietävät lähdöt, hyllyn tai kourun korkeuden muutokset ja rakennuksen pihalla kaapelin upotukset ja nostot.

Kaapelipakettireittien ollessa valmiina liitettiin ryhmäjohdot kaapelipaketteihin. Joskus reitinnäyttötyökalua käytettäessä voitiin havaita kaapeleiden kulkureiteissä oikaisuja suunnitellusta reitistä. Oikaisuja syntyi erityisesti keskusta lähellä olevilla ryhmillä. Syynä oli ohjelmiston yritys viedä kaapeli lyhintä mahdollisinta reittiä, vaikka käytännössä se on täysin mahdotonta. Tilanne syntyi kohteena olevan keskuksen ollessa lähempänä ryhmäjohdonpäättä kuin kaapelipaketti jonka kautta johdon oli tarkoitus mennä keskukseen. Ongelma ratkaistiin mallintamalla tilanteen mukaan kaapelipaketti tai ryhmäjohto lähemmäksi toisiaan.

Yleiskaapeleiden mallinnuksen jälkeen mallinnettiin keskuksien väliset nousujohtot. Nousujohtojen mallintaminen eteni yleiskaapelointia vastaavalla tavalla aikaisemmin mainittuja menetelmiä käyttäen. Toiseen kerrokseen JK21-keskukselle nouseva nousujohto teetätti kerrosten välille liitossolmun kaapelipakettiin.

Kolmanneksi mallinnuskohteeksi oli valittu atk-rasiakaapeleiden mallintaminen. Mallinnus oli nyt vaivattomampaa kuin aikaisemmin, koska rasiat sijaitsivat suurimmaksi osaksi johtokourussa. Kourussa kulkevien kaapelireittien mallintaminen oli yksityiskohtaisempaa, mutta koska reitti kulki aiemmin mallinnettuja reittejä pitkin, oli mallintaminen myös nopeaa.

8.2 Mallinnuksen määräluettelot ja tulokset

Kaapeleiden mallinnuksen ollessa valmiina tehdään määräluettelot raportointityökalua käyttämällä. Määräluettelon kokoonpanoksi valitaan AH-Talotekniikan itse tekemä ja tiedoiltaan riittävä luettelo (kuva 13). Muokkaamalla valittua raporttipohjaa raportinmäärittelyssä yhdistetään samaan luetteloon kaikki mallinnuksista tulevat kaapelit. Tämä tehdään siitä syystä, että turhia määräluetteloja ei syntyisi yhdestä atk-kaapelityypistä. Kaapeleiden jakautuessa piirustuksissa eri kerroksiin ja rakennuksen tontille tulee näistä tehdä erilliset määräluettelot.

Määräluetteloiden tekeminen alkaa 1. kerroksen kaapeleista. Taulukoissa 5 ja 6 on esitetty kerroksesta saadut johtomallinnuksen määräluettelot. Luettelosta nähdään taulukon 5 Not defined -rivi eli tuntemattomien kaapeleiden määrä. Nämä on suunnittelijan merkkamatta jättämiä kaapeleita. Ensimmäisien määräluetteloiden perusteella voidaan näin todeta, että tuloksissa tulee olemaan eroja laskentatuloksia vertailtaessa.

TAULUKKO 5. Kerroksen 1, atk- ja yleiskaapelimääräluettelo.

	Kaapelityyppi	Lukumäärä (kpl)	Yhteispituus (m)
Teleasennusjohdot	BR C6U 1XUTP C6	138	6804,2
	NOMAK 4x2x0,5+0,5	1	66,1
Asennusjohdot	Not defined (tuntematon)	10	107,8
	MMJ 3x1,5N	1	5,5
	MMJ 3x1,5S	358	2337,6
	MMJ 4x1,5S	12	163,4
	MMJ 5x1,5S	346	1008,4
	MMJ 3x2,5S	483	3306,2
	MMJ 5x2,5S	28	137,7
	MMJ 5x6S	1	13,8
	MMJ 5x10S	1	4,9
	MMO 7x1,5	17	502,9
	MJAM 3x1,5S	18	10,5

TAULUKKO 6. Kerroksen 1, nousujohtojen määräluettelo.

	Kaapelityyppi	Lukumäärä (kpl)	Yhteispituus (m)
Voimakaapelit	MCMK 4x6+6S	2	43,9
	AMCMK 4x35Al+16Cu	3	84,8
	AMCMK 4x70Al+21Cu	2	79,6

2. kerroksen määräluetteloista havaitaan (taulukot 7 ja 8), että aiemmin mainittuja tuntemattomia kaapeleita ei tässä kerroksessa ole. Taulukoista nähdään myös, että kerroksessa on käytetty yksipuolisemmin erityyppisiä kaapeleita kuin kerroksessa yksi. Johtopituuksista tulee muistaa, että kerrosten välisten kaapeleiden pituudet (esim. AMCMK 4x70Al+21Cu) näkyvät taulukossa vain niiltä osin, kuin ne ovat kyseisessä kerroksessa.

TAULUKKO 7. Kerroksen 2, atk- ja yleiskaapelimääräluettelo.

	Kaapelityyppi	Lukumäärä (kpl)	Yhteispituus (m)
Teleasennusjohdot	BR C6U 1XUTP C6	2	12
Asennusjohdot	MMJ 3x1,5S	85	499,1
	MMJ 4x1,5S	14	224
	MMJ 5x1,5S	2	13,4
	MMJ 3x2,5S	8	51,3
	MMJ 5x2,5S	2	36,1
	MMJ 5x16S	1	16
	EMCMK 3x1,5+1,5S	2	33,6
	EMCMK 3x6+6S	2	21,8

TAULUKKO 8. Kerroksen 2, nousujohtojen määräluettelo.

	Kaapelityyppi	Lukumäärä (kpl)	Yhteispituus (m)
Voimakaapelit	AMCMK 4x70Al+21Cu	1	6,8

Sisätilojen lisäksi tutkimuksessa tulee mallintaa tontilla asemapiirustuksiin ja ulkorakennukseen suunnitellut kaapelit. Taulukossa 9 on asemapiirustuksen mallintamisesta syntynyt määräluettelo. Luettelosta nähdään tuntemattomien kaapeleiden ryhmä, joka on tässä tapauksessa yli 200 metriä. Taulukosta nähdään asemapiirustuksen mallinnuksen tärkeys voimakaapeleiden kokonaismäärää tarkasteltaessa.

TAULUKKO 9. Rakennusentontilla olevien kaapeleiden määräluettelo.

	Kaapelityyppi	Lukumäärä (kpl)	Yhteispituus (m)
Voimakaapelit	Not defined	24	224,8
	MCMK 4x2,5+2,5S	1	65,6
	MCMK 4x6+6S	24	494,7
	MCMK 4x10+10S	2	78
	AXMK 4x185	1	70

Taulukossa 10 on koulun taakse tulevan ulkorakennuksen (jätekatos) määräluettelo. Koska kohde on yksinkertainen, ei varsinaista mallintamista ollut. Luettelossa näkyvä ulkorakennuksen ryhmäjohdoksi valittu MCMK 4x2,5+2,5S, kaapelin mallintaminen tapahtui kokonaisuudessaan asemapiirustuksien yhteydessä.

TAULUKKO 10. Rakennuksentontilla olevien kaapeleiden määräluettelo.

	Kaapelityyppi	Lukumäärä (kpl)	Yhteispituus (m)
Asennusjohdot	MMJ 3x2,5S	1	5,5
	MMJ 4x2,5S	1	4,1
Voimakaapelit	MCMK 4x2,5+2,5S	1	4,6

9 TULOSTEN VERTAILU

Tulosten vertailua varten kootaan aiemmat määräluettelot yhdeksi kokonaisuudeksi. Taulukossa 11 on esillä kaikki kohteen mallintamisessa käytetyt kaapelityypit sekä näiden lukumäärät ja yhteispituus. Vertailukohtana mallinnetuille tuloksille on urakkalaskijoiden tutkimukseen antama määräluettelo.

TAULUKKO 11. Mallintamisessa käytetyt kaapelit sekä niiden lukumäärät ja yhteispituudet.

	Kaapelityyppi	Lukumäärä (kpl)	Yhteispituus (m)
Teleasennusjohdot	BR C6U 1XUTP C6	138	6 812,4
	NOMAK 4x2x0,5+0,5	1	66,1
Asennusjohdot	Not defined	34	332,6
	MMJ 3x1,5N	1	5,5
	MMJ 3x1,5S	443	2 836,7
	MMJ 3x2,5S	492	3363
	MMJ 4x1,5S	26	387,4
	MMJ 4X2,5S	1	4,1
	MMJ 5x1,5S	348	1 021,8
	MMJ 5x2,5S	30	173,8
	MMJ 5x6S	1	13,8
	MMJ 5x10S	1	4,9
	MMJ 5x16S	1	16
	MMO 7x1,5	17	502,9
	MJAM 3x1,5S	18	10,5
Voimakaapelit	MCMK 4x2,5+2,5S	2	70,2
	MCMK 4x6+6S	26	538,6
	MCMK 4x10+10S	2	78
	AMCMK 4x35Al+16Cu	3	84,8
	AMCMK 4x70Al+21Cu	3	86,4
	AXMK 4x185	1	70
	EMCMK 3x1,5+1,5S	2	33,6
	EMCMK 3x6+6S	2	21,8
	YHTEENSÄ :	1593	16 534,9

9.1. Kaapelityyppien vertailu

Vertailu keskittyy aluksi kaapelityyppeihin, koska mallinnuksessa ja urakkalaskennassa ei ole käytetty samantyyppisiä kaapeleita. Taulukossa 12 on esitetty kaapelityyppien erot laskentojen välillä.

TAULUKKO 12. Laskennoissa käytetyt kaapelityypit.

	Mallintaminen kaapelityypit	Urakkalaskenta kaapelityypit
Teleasennusjohdot	BR C6U 1XUTP C6 --- --- --- NOMAK 4x2x0,5+0,5 ---	BR C6U 1XUTP C6 JAMAK 2X(2+1)X0,5 JAMAK 4X(2+1)X0,5 NOMAK 2X2X0,5+0,5 NOMAK 4X2X0,5+0,5 NOMAK 8X2X0,5+0,5
Asennusjohdot	--- MMJ 3x1,5N MMJ 3x1,5S MMJ 3x2,5S MMJ 4x1,5S MMJ 4X2,5S MMJ 5x1,5S MMJ 5x2,5S MMJ 5x6S MMJ 5x10S MMJ 5x16S MMO 7x1,5 --- MJAM 3x1,5S	MMJ 2X1,5N --- MMJ 3X1,5S MMJ 3X2,5S MMJ 4X1,5S MMJ 4X2,5S MMJ 5X1,5S MMJ 5X2,5S MMJ 5X6S MMJ 5X10S MMJ 5X16S MMO 7X1,5 MMO 12X1,5 ---
Voimakaapelit	MCMK 4x2,5+2,5S MCMK 4x6+6S MCMK 4x10+10S --- --- AMCMK 4x35Al+16Cu AMCMK 4x70Al+21Cu EMCMK 3x1,5+1,5S EMCMK 3x6+6S AXMK 4x185	MCMK 4x2,5+2,5 MCMK 4x6+6 MCMK 4x10+10 MCCMK 3x2,5+2,5 MCCMK 3x6+6 AMCMK 4x35+16 AMCMK 4x70+21 --- --- AXMK 4x185S

Käytettyjen kaapeleiden eroavaisuudet johtuvat siitä, että urakkalaskijat laskevat kohteen yrityksen käytössä olevilla kaapelityypeillä. Tällaisia eroavaisuuksia ovat mallinnuksessa käytetty EMCMK- ja urakkalaskennassa käytetty MCCMK- voimakaapelit. Nämä eri valmistajan kaapelit on rinnastettu laskennassa toisiinsa, kuten tässäkin työssä myöhemmässä vaiheessa tehdään.

Tarkasteltaessa teleasennusjohtosarakkeita havaitaan erojen johtuvan LVI-puolen mallintamatta jättämisestä, niitä tässä tutkimuksessa ei otettu mukaan. Mallinnettua atk-rasiakaapelia lukuun ottamatta kaikki kaapelit on LVI-puolen, nämä kaapelit jätetään yleensä kokonaan tai osittain piirtämättä (kuten NO-

MAK- ja JAMAK-kaapeli). Muutama asennusjohtosarakkeiden eroista selittyvät myös LVI-puolen laitteiden kaapeleiden piirtämisestä ja tyyppin muuttamisesta (MMO ja MJAM). Tällaiset kaapelit tullaan jättämään pois lopullisesta tulosten vertailusta.

Kaapeleiden keskinäisen kustannuseron ollessa pieni saattaa urakoitsija vaihtaa kaapelin hieman suunniteltua suuremmaksi tai pienemmäksi jos tämä on vain mahdollista. Tässä tapauksessa urakoitsija on vaihtanut noin viisi metrisen MMJ 3x1,5N -kaapelin MMJ 4x1,5S -kaapeliksi (joka jää pois vertailusta ollessa käytettynä lähes ainoastaan LVI puolella). Vastaavasti urakoitsija on paikoittain korvannut MMJ 3x1,5S -kaapelia MMJ 2x1,5N -kaapelilla. Tämä on ollut mahdollista jakorasian ja kytkimen välisellä matkalla.

9.2 Laskentatuloksien vertailu

Laskentatuloksien vertailemiseksi vertailukelpoiset kaapelit on koottu taulukoon 13. Taulukossa on esitetty valittujen kaapeleiden mallinnuksessa ja urakkalaskennassa saadut laskentatulokset sekä tulosten prosentuaalinen erotus.

TAULUKKO 13. Laskentatulosten tarkastelu prosentuaalista erotusta käyttäen.

	Kaapelityyppi	Mallinnuksen Lukumäärä (kpl)	Mallinnuksen Yhteispituus (m)	Urakkalaskenta Yhteispituus (m)	Erotus %
Teleasennusjohdot	BR C6U 1XUTP C6	138	6 812,4	6 900,0	1,27
Asennusjohdot	Not defined	34	332,6	0,0	-
	MMJ 2X1,5N	0	0,0	369,0	-
	MMJ 3x1,5S	443	2 836,7	3 142,0	9,72
	MMJ 3x2,5S	492	3 363,0	4 075,0	17,47
	MMJ 4X2,5S	1	4,1	5,0	18,00
	MMJ 5x1,5S	348	1 021,8	653,0	-56,48
	MMJ 5x2,5S	30	173,8	285,0	39,02
	MMJ 5x6S	1	13,8	15,0	8,00
	MMJ 5x10S	1	4,9	15,0	67,33
	MMJ 5x16S	1	16,0	25,0	36,00
	MMO 7x1,5	17	502,9	635,0	20,80
	YHTEENSÄ :	1 543	15 677,4	16 785,0	20,66
Voimakaapelit	MCMK 4x2,5+2,5S	2	70,2	72,0	2,50
	MCMK 4x6+6S	26	538,6	604,0	10,83
	MCMK 4x10+10S	2	78,0	130,0	40,00
	AMCMK 4x35Al+16Cu	3	84,8	80,0	-6,00
	AMCMK 4x70Al+21Cu	3	86,4	84,0	-2,86
	AXMK 4x185	1	70,0	70,0	0,00

Taulukon tulokset osoittavat todella selkeitä eroja laskentatapojen välillä, mikä ei ole hyvä mallinnuksen tarkkuutta tutkittaessa. Kaapeleiden yhteenlaskettu pituus osoittaa yli kilometrin virhettä tuloksienvälillä. Tutkimuksen jälkeisessä keskustelussa urakkalaskennan suorittaneiden kanssa osoittivat mallinnustulokset puutteellisiksi.

Jotta tulokset saataisiin paremmin vastaamaan toisiaan, on mallinnuksen tuloksiin lisättävä niistä puuttuvat asennusvarat ja tehtävä urakkalaskijoiden tekemät kaapelityypin vaihdokset. Mallinnettaessa kohdetta ohjelma laskee kaapelin kulutuksen optimaalisen minimin, minimi kulutus ei käytännössä toteutua koskaan. Komponentista riippuen asennusvaraa tulisi jättää kaapelin päähän noin 0,25-0,5 metriä.

Lisäksi tulee muistaa mallinnuksen tuloksia vertailtaessa, että mallinnus on aloitettu sähkösuunnittelijan merkkamaan ryhmänumeron kohdalta. Ryhmänumeron ja komponentin välinen ryhmäjohto on siis piirretty perinteisellä taso-piirustusmenetelmällä, joka aiheuttaa virheitä tuloksiin. Taulukosta 14 nähdään suurimpien suunnittelusta syntyneiden virheiden korjauksien ja asennusvarojen vaikutus tuloksiin.

TAULUKKO 14. Korjattujen laskentatulosten tarkastelu prosentuaalista erotusta käyttäen.

	Kaapelityyppi	Mallinnuksen Lukumäärä (kpl)	Korjattu mallinnuksen Yhteispituus (m)	Urakkalaskenta Yhteispituus (m)	Korjattu erotus %
Teleasennusjohdot	BR C6U 1XUTP C6	138	6 902,1	6 900,0	0,03
Asennusjohdot	Not defined	34	332,6	0,0	-
	MMJ 2X1,5N	0	0,0	369,0	-
	MMJ 3x1,5S	443	3 252,0	3 142,0	-3,50
	MMJ 3x2,5S	492	3 536,0	4 075,0	13,23
	MMJ 4X2,5S	1	4,9	5,0	3,00
	MMJ 5x1,5S	348	717,2	653,0	-8,96
	MMJ 5x2,5S	30	181,3	285,0	36,39
	MMJ 5x6S	1	14,1	15,0	6,33
	MMJ 5x10S	1	5,2	15,0	65,67
	MMJ 5x16S	1	16,5	25,0	34,00
	MMO 7x1,5	17	507,2	635,0	20,13
	YHTEENSÄ :	1 543	16 083,3	16 785,0	14,37
Voimakaapelit	MCMK 4x2,5+2,5S	2	71,9	72,0	0,21
	MCMK 4x6+6S	26	545,1	604,0	9,75
	MCMK 4x10+10S	2	87,5	130,0	32,46
	AMCMK 4x35Al+16Cu	3	85,6	80,0	-6,49
	AMCMK 4x70Al+21Cu	3	86,7	84,0	-3,15
	AXMK 4x185	1	70,0	70,0	0,00
	YHTEENSÄ :	1 543	16 083,3	16 785,0	14,37

Tarkasteltaessa korjauksien vaikutusta teleasennusjohtoon nähdään, että tulos on kymmenesosa tarkkuudella oikein urakkalaskentaan nähden. Tulos saatiin lisäämällä teleasennusjohtoon 0,25 metrin asennusvara komponentille ja 0,4 metrin asennuslenkki reitittimelle. Kaapeleiden mallinnus keskukselta kojeelle saakka, poisti perinteisestä suunnittelusta syntyvien virheiden mahdollisuuden.

Asennusjohtoja tarkasteltaessa havaitaan vastaavanlaisista korjauksista huolimatta suuria prosentuaalisia eroavaisuuksia. Erot ovat joissakin tapauksissa kuitenkin pieniä, otettaessa huomioon kaapelin kokonaispituus (esim. MMJ 5x6S). Suuret erot selittävät myös osaksi LVI-puolen pois jääminen, jonka kaapelit urakkalaskenta sisällyttää kokonaismääriin näitä erikseen erottelematta. Lisäksi 332,6 metriä tuntemattomia kaapeleita lisäävät liikkuma varaa tuloksia tarkasteltaessa. Nämä tuntemattomat kaapelit otettaessa huomioon jää yhteenlaskettu kokonaismäärän ero alle yhteen prosenttiin kuten taulukko 15 osoittaa.

Asennusjohdoista voidaan sanoa, että kohteen täydellinen tietomallinnus olisi voinut todennäköisesti antaa urakkalaskentaa vastaavia tuloksia. Urakkalaskennan tuloksia ei myöskään voida pitää täysin oikeina tuloksia tarkasteltaessa, koska käsin laskemisessa on aina inhimillisen virheen mahdollisuus.

TAULUKKO 15. Kaapeleiden kokonaismäärät ja prosentuaalinen erotus kaapelityypeittäin.

Kaapeli tyyppi:	Urakkalaskenta Yhteispituus (m)	Mallinnuksen Yhteispituus (m)	Erotus %	Korjattu mallinnuksen Yhteispituus (m)	Korjattu Erotus %
Teleasennusjohdot	6 900,0	6 812,4	1,27	6 902,1	-0,03
Asennusjohdot	8 850,0	7 937,0	10,32	8 480,5	4,36
Voimakaapelit	1 040,0	924,5	10,77	999,6	3,89
Asennus + Voimakaapelit	9 890,0	8 861,5	10,36	9 480,1	4,15
Kokonaismäärä	16 785,0	15 677,4	6,60	16 714,8	0,42

Voimakaapeleita eli nousujohtoja ja maahan asennettavia kaapeleita tarkasteltaessa nähdään mallinnuksessa syntyneiden virheiden olevan varsin vähäistä. Pieniä eroja tuloksissa selittävät reittien onnistunut mallintaminen, tiedossa olevat asennusvarat ja suoraviivainen kaapeleiden piirtäminen. Poik-

keavuutena tuloksissa on MCMK 4x10+10S, jonka pituuden urakkalaskijat ovat mitanneet ilmeisesti väärin. Tämä voidaan todeta siitä syystä, että kaapeleita käytetään suunnitelmissa, ainoastaan kahden autonlämmitystolpan sähköistämisessä. Kokonaisuutena mallinnus pitää varsin hyvin paikkansa urakkalaskennan kanssa, tarkasteltaessa teleasennusjohtoja ja voimakaapeleita. Asennusjohtojen mallinnuksessa parannettavaa on sen sijaan vielä paljon.

10 KEHITYSEHDOTUKSET

Tutkimuksessa nousi tietomallinnuksessa ja urakkalaskennassa esille muutamia kehitys- ja parannusehdotuksia. Ehdotuksien lisäksi tuli tutkia määräluettelon mahdollisuuksia erilaisien tasojen muodostamisessa.

10.1 Määräluetteloiden muodostaminen

MagiCAD-raportointityökalulla voi tuottaa suhteellisen helposti I ja II tason määräluetteloja ja myös III tason luetteloiden tuottaminen onnistuu. Määräluetteloiden sisältöä voidaan määrittää tuotteesta ja tyypistä olevien tietojen rajoissa lähes vapaasti. Tällä hetkellä käytetyimpiä määräluetteloja ovat valaisinluettelo, lämmitinluettelo, pisteluettelo ja kojeluettelo. Taulukossa 16 on esitetty raportinmäärittelyn laiteryhvät, jotka voidaan sisällyttää luetteloihin.

TAULUKKO 16. Määräluettelon laiteryhvät.

Englanniksi:	Suomeksi:
Cable E	Sähkökaapelit
Cable T,D	Telekaapelit
Cable trays	Kaapelihyllyt
Conduits	Putket
Switchboards	Sähkökeskukset
Combination box frames	Yhdistelmä laatikko kuvaa
Electrical boxes	Sähkökaapit
Electrical sockets	Sähköpistokkeet
Electrical switches	Sähköiset kytkimet
Luminaires	Valaisimet
Heaters	Lämmittimet
Equipment	Laitteet
Electrical others	Muut sähkö komponentit
Main units	Heikkovirta pääyksikkö
Sub units	Heikkovirta ala yksiköt
Sockets	Antenni-, tele-, yleiskaapelointi pistorasiat
Devices	Heikkovirta laitteet
Audio, video, etc	Ääni, video jne.
Signal	Signaali
Fire	Palojärjestelmä
Security	Turvallisuuslaitteet
Other BA points	Muut BA pisteet
Sub-station and routers	Ala-asetat ja reitittimet
Controllers	Säätimet
Probes and buttons	Anturit ja painikkeet
Actuators	Toimilaitteet
Other T,D,BA	Muut T, D, BA
Other R	Muut R

Määräluetteloa tehtäessä valitaan yksi tai useampi laiteryhmä, joiden tiedot suunnitteluohjelman halutaan laskevan. Erottelemalla laiteryhmät toisistaan saadaan aikaan tarkkoja määräluetteloita, suunnittelijan täyttäessä huolellista kaikkien komponenttien tiedot suunnittelun aikana. Jotta valittujen laiteryhmiä halutut tiedot näkyisivät, tulee ne valita raportin määrittelyssä taulukossa 17 esitetyistä vaihtoehdoista. Valintojen jälkeen pohja nimetään asianmukaisesti ja tallennetaan tietokantaan.

TAULUKKO 17. Määräluetteloon valittavat laitetiedot.

Englanniksi:	Suomeksi:	Englanniksi:	Suomeksi:
Active power	Pätöteho	O1 - O4	O1 - O4 Lisämerkinnät
Autocad handle	AutoCAD kahva	Object ID	Kohteen tunnus
Cable code	Kaapeli-koodi	P1 - P5	P1 - P5 Lisämerkinnät
Cable description	Kaapelin kuvaus	Product code	Tuotekoodi
Cable number	Kaapeli numero	Product description	Tuotekuvaus
Circuit number	Ryhmä numero	Product group	Tuoteryhmä
Diameter [mm]	Halkaisija [mm]	Product note	Tuotteiden merkintä
Drawing name	Piirustuksen nimi	Room /GUID	Huone / GUID
Empty column	Tyhjä sarake	Room / name	Huone / nimi
EXE class	EXE -luokka	Room /user code	Huone / käyttäjätunnus
Height [mm]	Korkeus [mm]	Running index text	Juokseva indeksi teksti
Host ID	Isäntä tunnus	Running index text group	Juokseva indeksi teksti ryhmä
IFC GUID	IFC GUID	Running index value	Juokseva indeksin arvo
Installation code	Asennus koodi	S1 - S4	S1 - S4 Lisämerkinnät
IP class	IP -luokka	Status	Tila
Layer code {PV}	Kerros koodi {PV}	Switchboard code	Keskus -koodi
Layer code {SV}	Kerros koodi {SV}	System code	Järjestelmä koodi
Length [mm]	Pituus [mm]	System description	Järjestelmä kuvaus
Light source	Valonlähde	Total length of similar	Yhteispituus
Manufacturer	Valmistaja	User code	Käyttäjätunnus
National code	Maakoodi	Width [mm]	Leveys [mm]
Number of similar	Lukumäärä	X - Z (wcs)	X - Z (WCS)

Tallennuksen jälkeen raporttitoiminnossa päästään käsiksi luotuun pohjaan valitsemalla haluttu raporttityyppi. Raporttitoiminnossa voidaan ennen määräluetteloiden julkaisemista valita vielä järjestelmät, josta kyseiset tiedot laskeaan. Valittavana olevat järjestelmät on esitetty taulukossa 18. Haluttujen rajausten ja valintojen jälkeen saadaan julkaistua halutunlainen määräluettelo. Tarvittaessa luettelon valintoja voidaan muuttaa ja näin saada aikaiseksi tiedoiltaan erilainen määräluettelo (kuva 16). MagiCAD ei rajoita määräluetteloiden määrää, joten eri rakennushankkeita varten voi olemassa olla valmiina kymmeniä eritasoisia määräluettelopohjia. Nämä helpottavat kohteen tietojen käsittelyä.

TAULUKKO 18. Määräluetteloon valittavat sähköjärjestelmät

Sähkön pääjakelujärjestelmät	Informaatiopalvelujärjestelmä
20 kV-jakelujärjestelmät	Konferenssi- ja tulkkausjärjestelmä
0,4 kV pääjakelujärjestelmät	Televisiointijärjestelmä
Sähkönmittausjärjestelmä	Merkinantojärjestelmät
Varavoimajärjestelmät	Ovikellojärjestelmä
UPS-jakelujärjestelmä	Sisäänpyyntöjärjestelmä
Laitteistojen sähköistys	Hoitajakutsujärjestelmä
LVI-järjestelmien sähköistys	Varattuvajärjestelmä
Laitteiden ja laitteistojen sähköistys	Ajannäyttöjärjestelmä
Tuotantolait. ja -järjest. sähköistys	Palvelukutsujärjestelmä
Sähkönliitäntäjärjestelmät	Opastevalojärjestelmä
Pistorasiat	Avunpyyntöjärjestelmä
Kosketinkiskojärjestelmä	Henkilöhakujärjestelmä
Jakelukiskojärjestelmä	Turvallisuusjärjestelmät
Pistorasiapylväät	Sähkölukitusjärjestelmä
Autolämmityspistorasiat	Työajanseuranta -ja kulunvalvonta
Pistorasiakeskukset	Rikosilmoitinjärjestelmä
Liitin- ja johtosarjajärjestelmä	Päällekkäisyysjärjestelmä
Valaistusjärjestelmät	Videovalvontajärjestelmä
Yleisvalaistusjärjestelmä	Ovi- ja porttiovhajausjärjestelmä
Kulkuvalaistusjärjestelmä	Paloilmoitinjärjestelmä
Ulkovalaistusjärjestelmä	Palovarointijärjestelmä
Aluevalaistusjärjestelmä	Palosuojelulaitteiden ohjaus ja valvonta
Julkisivuvalaistusjärjestelmä	Tietoverkkojärjestelmät
Turvavalaistusjärjestelmä	Yleiskaapelointijärjestelmä
Varavalaistusjärjestelmä	ATK-järjestelmät
Erityisvalaistusjärjestelmä	Integroidut järjestelmät
Sähkölämmitysjärj. ja -laitteet	Väyläohjaus -ja valvontajärjestelmä
Rakennuksen sähkölämmitysjärjestelmä	Monivalvontajärjestelmä
Sulanapitojärjestelmät	Automaatiojärjestelmät
Erilliset sähkölämmitysjärjestelmät	Rakennusautomaatiojärjestelmä
Muut järjestelmät	LVI-laitteiden säätö
Ylijännitesuojaukset	Vikailmoitusjärjestelmä
Puhelinjärjestelmät	Käyttöveden mittausjärjestelmä
Puhelinjärjestelmät	Lämmön mittausjärjestelmä
Langaton puhelinjärjestelmä	Tuotannon automaatiojärjestelmä
Ovipuhelinjärjestelmä	Asennusreitit
Pikapuhelinjärjestelmä	Kaapelihiyllyjärjestelmä
Viestintäjärjestelmät	Johtokanavajärjestelmät
Antennijärjestelmät	Lattiakanavajärjestelmä
Äänentoistojärjestelmä	Ripustusjärjestelmät
AV-järjestelmä	

JÄRJESTELMÄT

TUOTERYHMÄ

TIEDOT

MÄÄRÄLUETTELO

Pistorasiat

Valaistusjärjestelmät

Sähkökaapelit

Lukumäärä

Yhteispituus

Tuotekoodi

Tuotekuvaus

Tyyppi	Kaapeli	Lukumäärä	Yhteispituus (m)
MMJ 3x1,5N	MMJ 3x1,5N	1	5.5
MMJ 3x1,5S	MMJ 3x1,5S	311	1797.9
MMJ 4x1,5S	MMJ 4x1,5S	10	161.2
MMJ 5x1,5S	MMJ 5x1,5S	344	992.8
MMJ 3x2,5S	MMJ 3x2,5S	456	3057.8
MMJ 5x2,5S	MMJ 5x2,5S	25	114.3

Antennijärjestelmät

AV-järjestelmä

Laitteet

Lukumäärä

Tuoteryhmä

Tuotekuvaus

Tuotekoodi

Kpl	Tuoteryhmä	Selitys	Tuotekoodi
1	Audio, video, etc	Antennivahvistin	
32	Audio, video, etc	Kovaaääninen	Speaker
1	Audio, video, etc	Äänentoistovahvistin	
23	Sockets/T,D	Antennipistorasia	Data socket
2	Sockets/T,D	Antennipistorasia	Socket for cable

KUVA 16. Esimerkki tiedoiltaan monipuolisista määräluetteloista ja niiden rakentumisesta erilaisten tietojen sekä valintojen perusteella.

10.2 Määräluetteloiden käytettävyys

Määräluetteloiden tieto koostuu sähkösuunnittelijan valitsemien tuotteiden määrästä ja valmistajan tuotemallinnuksessa annetuista tiedoista. Jos tuotteen tietomäärän ollessa runsas, poimii suunnittelija määräluetteloihin vain työn kannalta oleelliset tiedot. Tämän vuoksi kaikkea olemassa olevaa tietoa ei välttämättä hyödynnetä parhaalla mahdollisella tavalla. Jotta määräluettelot olisivat mahdollisimman hyödyllisiä, tulisi eri osapuolten tietää olemassa olevat mahdollisuudet. Määräluetteloista aiemmin puuttunut, mutta olemassa olevan tiedon saanti vähentää työn määrää tiedon etsintään kuluvan työajan vähentyessä.

Määräluetteloiden käytettävyys urakkalaskennassa on erityisin tärkeää valaisimia, lämmittimiä ja pisteitä laskettaessa. Suunnittelijoiden tietomallinnuksen kehittyessä entistä tarkemmaksi tulee kaapeleiden mallinnuksessa saatava määräluettelo siirtymään näiden joukkoon. Siksi olisi tärkeää lisätä suunnittelijan ja urakoitsijan keskinäistä tiedon vaihtoa liittyen määräluetteloiden sisältöön ja rakenteeseen. Yksittäisen puuttuvan tiedon lisääminen tuotetyypistä määräluetteloon ei lisää kustannuksia, mutta se voi säästää rahaa urakan myöhemmässä vaiheessa.

10.3 Pohjapiirustukset

Tietomallinnetut pohjapiirustukset ovat komponenttitiedoiltaan laaja ja monipuoliset. Yksittäisten komponenttien tiedonhaku on kuitenkin useasti urakkalaskentaa tekeville henkilöille hidas ja aikaa vievä työvaihe. Tätä työvaihetta nopeuttamaan tulisi piirustuksissa olevien erityyppisten komponenttien kappalemäärät ja tiedot saada koottua yhteen. Ratkaisuna tähän on tyyppikohteittain räätälöity määräluettelo tai vastaavanlainen laskijoiden esittämä lista tasopiirustuksen oikeassa reunassa. Laskijoiden kanssa käydyssä keskustelussa esille nousi erityisesti toive luettelosta, jossa olisi pisto-, antenni-, atk- ja telerasioiden kappalemäärät eri asennus ja tila tyypeittäin jaoteltuna (uppo-, pinta-

vai kouruasennus sekä kostea vai kuiva tila). Luettelosta on apua lisäksi komponentin asennuskustannuksia laskettaessa.

Tutkimuksessa tuli esille lisäksi laskijoiden ajatus CYP-yhdistelmien käytöstä sähkösuunnitelmissa. Mallinnuksessa suunnittelija piirtää useasti jokaisen komponentin erikseen pohjapiirustuksiin, useasti nämä komponentit muuttuvat myöhemmin laskijoiden toimesta CYP-yhdistelmäksi. Tämä muutos vaikuttaa oleellisesti määräluetteloiden tarkkuuteen ja käytettävyyteen urakkalaskennassa. Yhdistelmien käyttäminen MagiCAD-ohjelmiston ominaisuuksien osalta onnistuu yhdistelmiä varten olemassa olevilla työkaluilla. Lisäksi työkalu on helppokäyttöinen toimintoon perehdyttämisen jälkeen. Suunnittelijan on kuitenkin osattava käyttää yhdistelmiä oikein eritilanteissa.

Tyypeittäin räätälöidyt määräluettelot ja CYP-yhdistelmät voivat säästää urakkalaskijan työtunteja, muutamasta tunnista pariin työpäivään. Suunnittelijalle nämä toiminnot eivät lisää varsinaista työn määrää, sillä ensimmäisellä kertaa hyvin tehdyt määräluettelot ja yhdistelmät ovat valmiina käytettävissä myöhemmissä töissä.

10.4 Sähkötöiden urakkatarjouslomake

Sähkösuunnittelijan tekemän suunnitelman pohjalta urakoitsija laskettaa urakkalaskijoilla kohteen, josta saatavien tuloksien pohjalta syntyy urakkatarjous. Urakkatarjous tehdään sähkötöiden urakkatarjouslomakkeelle, jonka sisältö vaihtelee eri yrityksillä. Tämä tulee ottaa huomioon erityisesti tehtäessä mahdollisia massaluetteloita, joiden tulee noudattaa sisällöllisesti lomakkeen ryhmittelyä. Lomake on selkeä sen noudattaessa sähköselitystä. Urakkalaskijoiden työn helpottamiseksi tulisi lomakkeessa kuitenkin näkyä erillismainintana tilaajan halukkuus erillishinnoista. Kyseinen tieto löytyy normaalisti sähköselityksestä, mutta työn aiheuttamien paineiden takia se voi jäädä joskus huomaamatta. Tiedon huomaamatta jääminen aiheuttaa laskijoille lisätyötä, koska he joutuvat määrittelemään tuotteiden yksikköhinnat jälkeinpäin.

Yrityksestä ja asiakkaan toivomuksesta, tulee urakkalaskijoiden tehdä yksikköhintaluettelo tarjouslomakkeen liitteeksi. Yksikköhintaluettelo lisää urakkalaskennassa turhaa työtä, jos yritys ei pääse jatkoneuvotteluihin. Siksi yksikköhintaluettelo tulisi jättää pois, jos vain on mahdollista ja vaatia sitä vasta neuvotteluvaiheessa. Tällainen menettely vähentäisi laskijoiden työtä, jopa kymmeniä tunteja.

11 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tutkittiin ja vertailtiin keskenään MagiCAD-mallinnuksesta ja urakkalaskennasta saatujen määräluetteloita. Tutkimukseen toiseksi vertailukohdaksi valittua urakoitsijan toteutuneita johtomääriä ei kohteen aloituksen viivästymisen takia voitu saada. Mallinnuskohteena oli AH- Talotekniikan suunnittelema koulu Heinävedelle. Työ suoritettiin mallintamalla kohteen keskuksien ja ryhmäsyöttöjen väliset kaapelit (atk-rasia- ja yleiskaapelit sekä nousujohdot). Vertailukelpoisten kaapeleiden kokonaismassoja vertailtaessa urakkalaskentaan oli havaittavissa paikoittain suhteellisen suuria eroja. Tulosten perusteella osittain mallinnetun kohteen määräluetteloa ei voida käyttää sellaisenaan hyväksi urakkalaskentaa tehtäessä. Mallinnuksessa saatuja kokonaismassoja voidaan pitää suuntaa antavana. Saaduista massoista nähdään kohteeseen menevien kaapeleiden minimi. Suunnittelijan mallintaessa kohteen kokonaan voidaan määräluetteloissa päästä urakkalaskennassa saatavien määräluetteloiden laskennalliseen tarkkuuteen.

Tietomallinnus tuo tulevaisuudessa isoja etuja ja säästöjä suunnittelutarkkuuden kasvamisen myötä. Suunnitelmien tekeminen tietomallintamalla lisää suunnittelijoiden töitä ja niiden vaativuutta, ei kuitenkaan kohtuuttomasti. Tarkkojen määräluetteloiden käyttö, mikä on vielä harvinaista, vähentävää vastaavasti työn määrää urakkalaskennassa. Kokonaistyöajan vähentyessä hankkeeseen liittyvät kustannukset pienenevät. Lisäksi suunnittelun keskittyessä tietomallintamiseen ei yllätyksistä tulevia kustannuksia pääse syntymään rakennusvaiheessa. Tietomallinnuksen ja määräluetteloiden yleistyminen tulevaisuudessa muuttaa nykyisiä työtapoja. Tällöin nykyistä suunnittelun ja laskennan keskinäistä työnjakoa tulee kohdentaa uudelleen.

MagiCAD-ohjelma antaa hyvän lähtökohdan tietomallinnukselle ja määräluetteloiden tuottamiselle. Eri mallinnus- ja raportointityövaiheisiin ohjelma tarjoaa työkaluja, joita on perehtymisen jälkeen helppo käyttää. Ohjelmalla voidaan tuottaa useita eritasoisia määräluetteloita erilaisia projekteja varten. Määräluetteloiden sisällön määrittäminen onnistuu helposti valitsemalla halutut tiedot

annetuista vaihtoehtoista. Kehityksen myötä määrälaskennassa korostuu entisestään sähkösuunnittelijan työn tarkkuus ja laatu.

Tulevaisuudessa olisi toivottavaa, että laitevalmistajat panostaisivat entistä enemmän laitteiden tuotemallintamiseen. Tällöin suunnitelmien tarkkuus ja urakkalaskenta nopeutuisivat luetteloiden tietomäärän karttuessa. Tällä hetkellä esimerkiksi urakkalaskijoille tärkeä valaisimen paino puuttuu tuotemalleista määräluetteloa tehtäessä. Tämä vaatii myös aktiivisempaa tiedonvaihtoa eri osapuolilta mallinnuksen kehittämiseksi.

Tietomallinnuksen hyödynnettävyys kaapeloinnissa on tällä hetkellä harvinaista. Halu säästää kustannuksissa, varsinkin suurissa kohteissa lisää kuitenkin tietomallinnuksen suosiota. Tietomallinnuksen hyöty onkin sitä suurempi, mitä isompi kohde on. Suunnittelutulosten tarkentuessa ja toimintatapojen kehittyessä tietomallinnus leviää entistä pienempiin kohteisiin.

LÄHTEET

AH-Talotekniikka. *Esittely*. [verkkosivu] [viitattu 14.03.2011] Saatavissa: <http://www.ah-talotekniikka.fi/>

Autio I. 2005. *Sähköurakoitsijan tarjouslaskenta*. Espoo: Sähköinfo Oy.

Autodesk. *Tuote esittely*. [verkkosivu] [viitattu 14.03.2011] Saatavissa: <http://www.autodesk.fi/adsk/servlet/pc/index?siteID=448412&id=14539589>

CADS. *Tietomallipohjainen suunnittelu*. [verkkosivu] [viitattu 16.03.2010] Saatavissa: <http://www.cads.fi/fi/Tuotteet/LVIA/K%C3%A4ytt%C3%B6tarkoitus/Tietomallipohjainen%20suunnittelu>

Haikka M. 2006. *Massaluetteloiden tuottaminen CAD-ohjelmista*. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Sähkö- ja tietoliikennetekniikka. Diplomityö.

Hämäläinen J. & Soikkeli A. 2010. *Määrälaskentaohjelmien ja sähköurakoitsijan määräluetteloiden vertailu*. Joensuu: Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö

Isotalo O. 2010. *Tietomallipohjaisen suunnittelun toteutus*. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampereen ammattikorkeakoulu, Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Kajan J. 2010. *Urakkalaskenta ja sen kehittäminen*. Kuopio: Savonia - ammattikorkeakoulu Tekniikka Kuopio. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Koivu T. 2002. *Kiinteistö- ja rakennusalan tuotemallien ja yhteensopivuuden tulevaisuus*. Espoo: VTT tiedote -2161.

Laine T. 2008. *Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa*. Helsinki: Rakennustieto.

MagiCAD Electrical 2009. *MagiCAD 2009.5 Käyttöohje*. Rauma: Progman OY.

MagiCAD. *Wikipedia*. [verkkosivu] [viitattu 18.03.2011] Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/MagiCAD>

Progman Oy. *MagiCAD*. [verkkosivu] [viitattu 18.03.2011] Saatavissa: <http://www.progman.fi/fi>

Q -Soft Oy. *Qmodel® 3d geometriamalli*. [verkkosivu] [viitattu 18.3.2011] Saatavissa: <http://www.qsoft.fi/qsoft6.html>

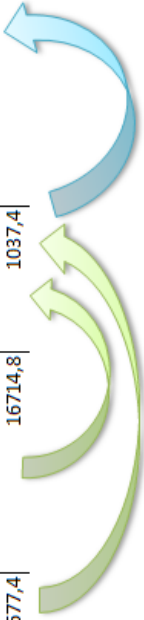
Rakennusteollisuus RT Ry. *Pro IT- Tuotemallitieto rakennusprosessissa*. [verkkodokumentti] [viitattu 14.03.2011] Saatavissa: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/tiedotteita/proit_esite_no1.pdf

Sähköinfo Oy. *Verkkotuotepaketit ja – lomakkeet*. [verkkodokumentti] [viitattu 16.03.2011] Saatavissa: <http://www.sahkoinfo.fi/ProductGroup.aspx?id=58>.

Sähköinfo Oy. ST 13.80. *Tarjouslaskenta. Pisteiden määrät ja sähköiset tarjouspyyntöasiakirjat*. [verkkodokumentti] Suojattu salasanalla. [Viitattu 16.03.2011]. Saatavissa: <http://www.sahkoinfo.fi/severi/login.aspx?ReturnUrl=%2fseveri%2fViewer.aspx%3fid%3d2168&id=2168>

Tikli Ry & Sähköliitto Ry 2007. *Talotekniikka-alan sähköasennustoimialan työ-ehtosopimus*.

Kaapeli tyyppi	Mallinnuksen Lukumäärä (kpl)	Urakkalaskenta Yhteispituus (m)	Mallinnuksen Yhteispituus (m)	Korjattu mallinnuksen Yhteispituus (m)	Mallinnuksen Erotus (m)	Mallinnuksen Mallinnus tuloksen korjaukseen liittyviä syitä ja korjaus tapoja
BR C6U 1XUTP C6	138	6900,0	6812,4	6902,1	89,7	0,25m asennusvara komponentille ja 0,4m asennuslenkki reitittimelle/ 1. kaapeli.
Not defined	34	0,0	332,6	332,6	0,0	Kaapelit ja niiden määränpäät tuntemattomia.
MMJ 2X1,5N	0	369,0	0,0	0,0	0,0	Ainoastaan urakkasijoiden käyttämä, kaapelityypin vaihdoksen seurauksena.
MMJ 3x1,5S	443	3142,0	2836,7	3362,8	526,1	0,25m asennusvara kaapeleiden päihin ja 304,5m lisäys kaapelityypin vaihdoksesta.
MMJ 3x2,5S	492	4075,0	3363,0	3659,0	296,0	0,25m asennusvara kaapeleiden päihin ja 50m lisäys kaapelityypin vaihdoksesta.
MMJ 4X2,5S	1	5,0	4,1	5,1	1,0	Asennusvara ja jätekatoksen liiketunnistimelle menevän kaapelin jatkaminen
MMJ 5x1,5S	348	653,0	1021,8	717,2	-304,6	Kaapelityypin vaihdoksesta johtuva vähennys.
MMJ 5x2,5S	30	285,0	173,8	188,8	15,0	0,25m asennusvarat kaapeleiden päihin.
MMJ 5x6S	1	15,0	13,8	14,3	0,5	0,25m asennusvara kaapelin päihin.
MMJ 5x10S	1	15,0	4,9	5,4	0,5	0,25m asennusvara kaapelin päihin.
MMJ 5x16S	1	25,0	16,0	16,5	0,5	0,25m asennusvara kaapelin päihin.
MMO 7x1,5	17	635,0	502,9	511,4	8,5	Asennusvarat kaapeleiden päihin.
MCMK 4x2,5+2,5S	2	72,0	70,2	71,9	1,7	0,25m sennusvarat ja asennuskorkeuden muutoksesta syntyvä lisäys.
MCMK 4x6+6S	26	604,0	538,6	597,7	59,1	Keskuksien ja pylväiden asennusvarat ja ulko valaisinpylväiden maasta nousut.
MCMK 4x10+10S	2	130,0	78,0	87,5	9,5	Lämmitystolppien asennusvarat ja maasta nousu tolपालle.
AMCMK 4x35Al+16Cu	3	80,0	84,8	85,6	0,8	Asennusvarat.
AMCMK 4x70Al+21Cu	3	84,0	86,4	87,2	0,8	Asennusvara kaapeleiden päähän.
AXMK 4x18S	1	70,0	70,0	70,0	0,0	Kaapelin pituus ilmoitettu valmiiksi suunnitelmissa.
YHTEENSÄ :	1543	16785	15677,4	16714,8	1037,4	



This architectural floor plan depicts a multi-room building layout. The plan includes numerous rooms, each identified by a number, such as 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 91

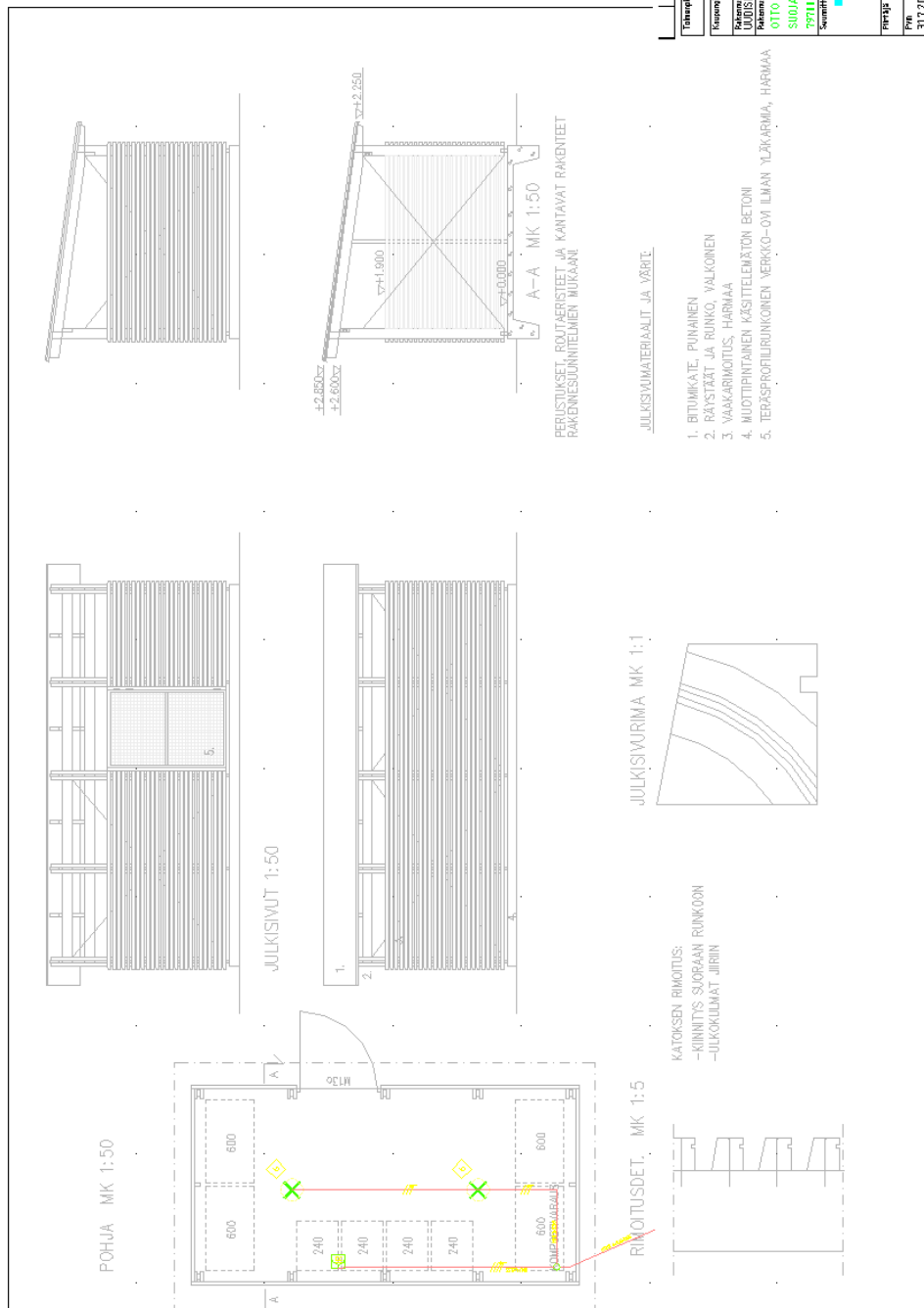
[illegible]

ARKKITEHTIPOHJAKUVA KERROS 2



[illegible][illegible]

TASOPIIRUSTUS SÄHKÖLAITTEET, JÄTEKATOS

[illegible]

This architectural floor plan depicts a complex building layout with numerous rooms, corridors, and service areas. A prominent red line traces a path through the central and left portions of the plan, starting from a central corridor, moving left, then down, and finally right towards the bottom left. A blue triangle is located in the bottom right corner of the plan. The plan is overlaid with a grid of dashed lines. In the top right corner, there is a technical specification table.

Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
Пол	м²	1000	
Потолок	м²	1000	
Стены	м²	1000	
Окна	м²	1000	
Двери	м²	1000	
Санитарно-технические помещения	м²	1000	
Всего	м²	1000	

[illegible]

[illegible]

1. Kokonaishinta numeroin €.....
kirjoitettuna

2.1. Järjestelmäkohtaiset osahinnat

H0	Purkutyöt yhteensä	€.....
H1	Asennusreitit yhteensä	€.....
H2	Sähkön pääjakelujärjestelmät	€.....
H3	Laitteistojen sähköistys	€.....
H4	Sähkön liitännäsjärjestelmät	€.....
H5	Valaistusjärjestelmät	€.....
H6	Sähkölämmitysjärjestelmät ja -laitteet	€.....
H7	Muut järjestelmät	€.....
J1	Puhelinjärjestelmät	€.....
J2	Viestintäjärjestelmät	€.....
J3	Merkinantojärjestelmät	€.....

AH-Talotekniikka AH-3174-403_tarjouskaavake
S:\AH3174\4\3174-403_tarjouskaavake.doc

Sivu 2/2

J4	Turvallisuusjärjestelmät	€.....
J5	Tietoverkkojärjestelmät	€.....
J6	Integroidut järjestelmät	€.....
J7	Automaatiojärjestelmät	€.....

Yhteyshenkilömme:

Hinnat ovat verottomia alv-vero 0 %.

.....kuun päivänä 2009

www.savonia.fi

